

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y
MONITOREO DEL REFINADOR PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
JABÓN VEL ROSITA**



ANDRÉS FELIPE GUERRA VARGAS – 2050032

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2010**

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y
MONITOREO DEL REFINADOR PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
JABÓN VEL ROSITA**



ANDRÉS FELIPE GUERRA VARGAS – 2050032

**Proyecto de grado para optar el título de
Ingeniero Mecatrónico
Modalidad: Pasantía**

**Director
HÉCTOR FABIO ROJAS
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2010**

Nota de Aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico.

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, 16 de Junio del 2010

Este trabajo se lo dedico a Dios por guiar mi camino y mi futuro. A mi familia porque gracias a su amor y constante apoyo he logrado culminar una etapa importante en mi vida, especialmente a mi mamá por sus consejos y a mi papá por darme la oportunidad de realizar mis estudios y la confianza que ha centrado en mí. A mi abuela por querer siempre lo mejor para mi, a mi bisabuela por ayudarme en mi crecimiento espiritual, a mis tías por ayudarme a culminar muchos sueños, a mi abuelo por colaborarme cuando más lo necesito, a mi hermana por ser un factor de progreso en mi vida y a mis tíos por preocuparse por mi bienestar en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Héctor Fabio Rojas por asesorarme en el proyecto y consejos diarios para mi vida laboral.

Al Ingeniero Rafael Giraldo por darme la oportunidad de trabajar en su proyecto.

Al Ingeniero Jorge Iván Velandia por sus enseñanzas.

A la Universidad Autónoma de Occidente por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado en Colgate - Palmolive.

A Colgate – Palmolive por darme la oportunidad de trabajar en sus instalaciones.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	11
LISTA DE CUADROS	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE ANEXOS	15
GLOSARIO	16
INTRODUCCIÓN	18
ANTECEDENTES	19
PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	22
OBJETIVOS	24
OBJETIVO GENERAL	24
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	24
JUSTIFICACIÓN	26
ALCANCE DEL PROYECTO.....	27
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	28
MARCO TEÓRICO	29
FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE DEPENDEN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JABÓN VEL ROSITA	29
INTERCAMBIADOR DE CALOR	29
ELABORACIÓN Y MEZCLADO (MEZCLADOR)	30
HOMOGENIZACIÓN Y EXTRUSIÓN (REFINADOR).....	32

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS QUE DEPENDEN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JABÓN VEL ROSITA	33
MEZCLADOR	34
REFINADOR	35
PLODDER	35
DESARROLLO DEL PROYECTO	37
1. INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	37
1.1 IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	37
1.1.1 Definir el campo de acción.....	37
1.1.2 Obtención de datos primarios	39
1.1.3 Interpretación de datos primarios.....	39
1.1.4 Organizar las necesidades	40
1.2 ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL PROCESO	41
1.2.1Necesidades del cliente con su nivel de importancia.....	41
1.3 GENERACIÓN DE CONCEPTOS	42
1.3.1Clasificar el problema	42
1.3.1.1 Descripción del proyecto.....	42
1.3.1.2 Necesidades	42
1.3.1.3 Especificaciones del proceso según Serviparamo.	43
1.3.1.3.1 Características del proceso según serviparamo	43
1.3.1.3.2 Cálculos de perdidas del proceso del jabón Vel Rosita según Serviparamo.....	43
1.3.1.3.3 Perdidas menores.	47
1.3.1.3.4 Cálculo de carga térmica según Serviparamo.....	49

1.3.1.3.5 Especificaciones técnicas para el sistema de refrigeración según Serviparamo	51
1.3.1.3.5.1 Intercambiador de calor	51
1.3.1.3.5.2 Bomba de agua de Intercambiador / Tanque.....	51
1.3.1.3.5.3 Tanque de expansión	52
1.3.1.3.5.4 Redes de agua fría según Serviparamo	52
1.3.1.3.5.4.1 Tubería de agua helada	52
1.3.1.3.5.4.2 Soportes	52
1.3.1.3.5.4.3 Banda tubería	52
1.3.1.3.5.5 Aislamiento	53
1.3.1.3.5.6 Protección anticorrosivo y pintura de acabado.....	53
1.3.1.3.5.7 Accesorios redes de agua.....	53
1.3.1.4 Especificaciones del proceso	54
1.3.2 Búsqueda externa	58
1.3.3 Búsqueda interna	58
1.3.4 Exploración sistematizada	59
1.3.4.1 Especificación de los equipos para monitorear	59
1.3.4.2 Topologías	60
1.3.4.2.1 Topología A	61
1.3.4.2.2 Topología B	62
1.3.4.2.3 Topología C	64
1.3.4.2.4 Topología D	65
1.3.4.3 Selección de topología	66
1.4 PRUEBA DE CONCEPTOS.....	67

1.4.1 Proposito de pruebas.....	67
1.4.2 Población a encuestar.....	67
1.4.3 Forma de encuesta	67
1.4.4 Comunicar la topología	67
2. INGENIERÍA BÁSICA	68
2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	68
2.1.1 Arquitectura modular para el sistema de refrigeración.....	68
2.1.2. Interacciones incidentales.....	69
2.1.3. Distribución geométrica	70
2.2 ARQUITECTURA DE SISTEMAS ELECTRICOS.....	78
2.3 ESPECIFICACIÓN FINAL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	80
2.3.1 Especificación de los equipos para monitorear.....	80
2.3.2 Dimensionamiento PLC	80
3. INGENIERÍA DETALLE	81
3.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	81
3.1.1 Especificaciones de los equipos para comprar según proveedor	81
3.1.2 Control	81
3.1.2.1 Nomenclatura variables	81
3.1.2.2 Grafcet	81
3.1.2.3 Mímicos	82
3.1.3 Detalle equipos	86
3.1.4 Diseño para manufactura.....	86
3.1.4.1 Componentes	86

3.1.4.2 Personales	87
3.2 DISEÑO PARA MANTENIMIENTO	87
3.2.1 Mantenimiento correctivo	87
3.2.2 Mantenimiento predictivo	88
3.2.3 Mantenimiento preventivo	88
3.2.4 Mantenimiento autonomo	88
3.3 DISEÑO PARA EHS	89
3.3.1 EHS	89
3.3.1 Analisis de los riesgos	89
3.3.2 Evaluación de los riesgos	89
3.4 INSTALACIÓN REAL SISTEMA REFRIGERACIÓN	90
CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	98
DOCUMENTOS ANEXOS (CARTA DEL DIRECTOR ACADEMICO DEL PROYECTO FIRMADA, CARTA DEL ASESOR EMPRESARIAL FIRMADA Y CARTA DEL DIRECTOR ACADEMICO CORREGIDO)	

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Porcentaje de humedad	21
TABLA 2: Nivel de importancia de las necesidades	41
TABLA 3: Ambiente exterior	43
TABLA 4: Rugosidad absolutad materiales	45
TABLA 5: Valores del coeficiente K en perdidas singulares	48
TABLA 6: Valores experimentales	50
TABLA 7: Soportes y varilla de cuelga	52
TABLA 8: Banda tubería	52
TABLA 9: Equipos red de agua fría	53
TABLA 10: Especificaciones de los equipos para monitorear	59
TABLA 11: Dimensionamiento PLC	80
TABLA 12: Gastos generales	87

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1: Necesidades	39
CUADRO 2: Organización de necesidades	40
CUADRO 3: Lista de válvulas Figura 12	55
CUADRO 4: Lista de sensores Figura 12	56
CUADRO 5: Lista de equipos Figura 12	56

LISTA DE IMÁGENES

FIGURA 1: Sistema de refrigeración actual y requerido	19
FIGURA 2: Mezclador	20
FIGURA 3: Multitornillo	20
FIGURA 4: Refinador	20
FIGURA 5: Sistema de refrigeración Plodder	21
FIGURA 6: Intercambiador de calor.....	29
FIGURA 7: Reacción exotérmica.....	30
FIGURA 8: Flujo general.....	31
FIGURA 9: Plato perforador.....	32
FIGURA 10: Equipos que dependen del sistema de refrigeración.....	34
FIGURA 11: Difeenciador de curvas Moody	47
FIGURA 12: Bosquejo sistema de refrigeración nuevo	54
FIGURA 13: Topología A.....	61
FIGURA 14: Topología B.....	62
FIGURA 15: Topología C.....	64
FIGURA 16: Topología D.....	65
FIGURA 17: Interacciones incidentales	69
FIGURA 18: Instalación del sistema de refrigeración	70
FIGURA 19: Instalación By – pass, filtros, válvulas y bombas.....	71
FIGURA 20: Tanque de suministro	71

FIGURA 21: Intercambiador de calor.....	72
FIGURA 22: Conexión sistema de refrigeración	72
FIGURA 23: Vista superior tanque suministro	73
FIGURA 24: Válvulas neumáticas	73
FIGURA 25: Sensores de presión	74
FIGURA 26: Bombas	75
FIGURA 27: Válvula proporcional	76
FIGURA 28: Tanque de limpieza y bomba dosificadora	77
FIGURA 29: Estructura modular	81
FIGURA 30: Intercambiador (Mímicos)	82
FIGURA 31: Refinador (Mímicos)	83
FIGURA 32: Mezclador (Mímicos)	84
FIGURA 33: Tanque de suministro y Bombas (Mímicos)	85
FIGURA 34: Alarmas (Mímicos)	86
FIGURA 35: Intercambiador de calor	89
FIGURA 36: By – Pass proceso	90
FIGURA 37: Sensores	91
FIGURA 38: Sistema refrigeración refinador	92

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Cronograma	99
Anexo B: Proveedores	101
Anexo C: Nomenclatura variables	104
Anexo D: Grafcet	105
Anexo E: Dimensiones equipos de control	106
Anexo F: Costos equipos	110
Anexo G: Imágenes instalación sistema de refrigeración real	112

GLOSARIO

AGUA DE CHILLER: Agua fría.

BACHE: Sistema de producción que es por lotes y no es continuo.

BUS DE CAMPO: Es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

EXTRUSIÓN: Consiste en la utilización de un flujo continuo de materias primas para la obtención de productos.

INTERCAMBIADOR DE CALOR: Es un equipo que se suele utilizar para la transferencia de energía de fluidos diversos y a diferente presión.

MEZCLADOR: Tanque que es utilizado para mezclar la materia prima con líquido.

PLODDER: Se utiliza para la compresión de jabón. Su primer proceso por medio de un tornillo sin fin es extruir el jabón y luego en su segundo proceso es formar la barra.

PLC: Controlador lógico programable.

- **Programable:** Esta palabra indica que el PLC puede programarse. Esta característica permite ordenarle al PLC que realice un amplio rango de tareas de control.

- **Lógico:** Esta palabra indica que la técnica de programación del PLC está basada en los principios de la lógica. Programar un PLC supone variables y funciones lógicas.

- **Controlador:** Esta palabra indica que el PLC controla y supervisa un proceso o la acción de alguno de sus componentes. Naturalmente, el programa lógico que reside en la memoria del PLC determina el control del mismo.

RED PROFIBUS: Es un estándar de comunicaciones para bus de campo.

REFINADOR: Contiene un sistema de refrigeración que sirve para modificar la temperatura del producto. Su funcionamiento consiste en un tornillo sin fin que extruye el producto.

SCRAP: Trozos del jabón (Pelletos).

TORNILLO SIN-FIN: Es un elemento mecánico de transporte de material que consiste en un tornillo que gira y con su movimiento desplaza el material linealmente.

INTRODUCCIÓN

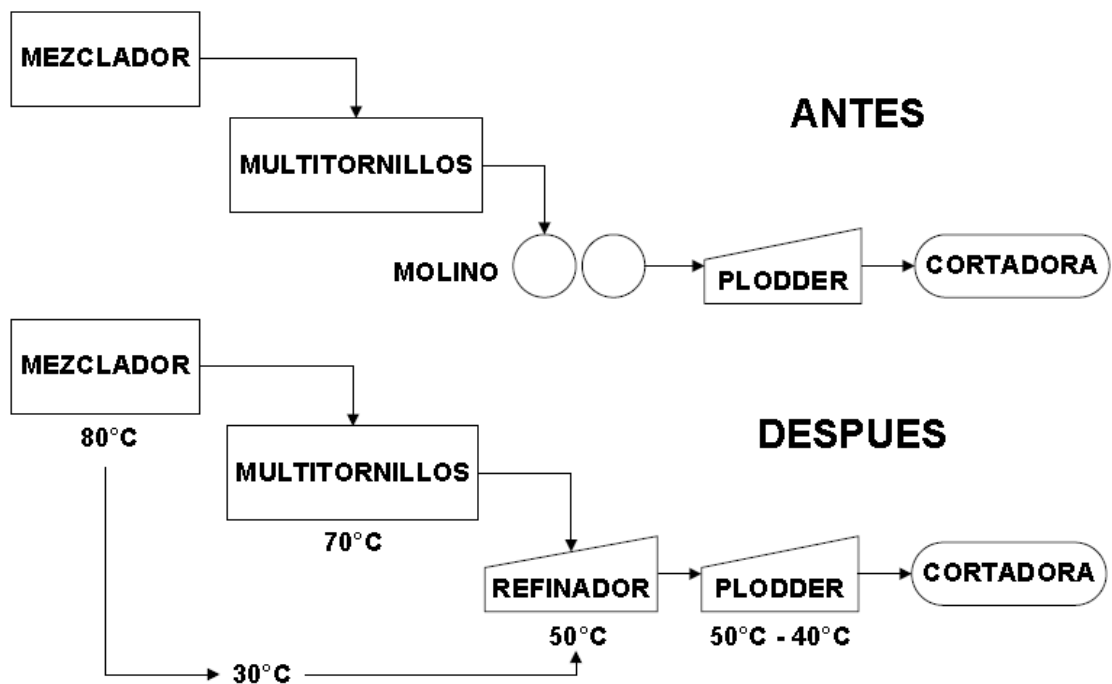
La creciente necesidad de mejorar procesos industriales por parte de las empresas productoras de barras de jabón, ha llevado a la empresa Colgate – Palmolive a automatizar la planta de detergentes donde se lleva a cabo el proceso de producción del jabón Vel Rosita.

El presente proyecto parte de la necesidad de diseñar un sistema de refrigeración con equipos sensoriales que monitorearán todo el proceso de producción del jabón. El monitoreo referido creará un archivo de históricos y tendencias que serán emulados por medio de un software especializado en este tema y se propondrá una interfaz gráfica que permita la supervisión en línea de todo el proceso.

ANTECEDENTES

En Colgate – Palmolive se realizaron pruebas tendientes al mejoramiento de la humedad del jabón con los mecanismos existentes en la planta. Se le instalaron unas tuberías al mezclador que es el equipo donde se mezcla la materia prima con agua, pero no dio los resultados esperados porque dañaban la calidad del jabón. Ante esta situación la planta optó por diseñar un nuevo sistema que se ajustará a las necesidades actuales de producción del jabón Vel Rosita.

Figura 1: Sistema de refrigeración actual y requerido



El sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel rosita está constituido por un chiller que recibe el agua fría desde la estación central y la envía al refinador y plodder. Después retorna a la estación central convertida en agua caliente para su proceso de enfriamiento (**Figura 1**). El proceso de enfriamiento para el jabón Vel Rosita consiste en mantener la temperatura de 50°C que se dan en el mezclador por combinaciones de productos químicos hasta el plodder. Esta temperatura da una humedad de un 20% pero no es la adecuada para el jabón Vel Rosita, ya que este tipo de jabón tiene una mezcla

especial de químicos lo que hace que en algunos casos que su proceso de producción y humedad no sea el adecuado.

Figura 2: Mezclador



Figura 3: Multitornillo



Figura 4: Refinador



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

El proceso ideal que se quiere lograr, empieza desde el mezclador (**Figura 2**) ya que se tiene una temperatura de entrada de 80°C, durante el proceso de combinación de materia prima que se realiza en el “Making”. Después de su proceso de mezclado el scrap debe tener una temperatura de 50°C y posteriormente el scrap será transportado por unos multitornillos (**Figura 3**) hasta el refinador (**Figura 4**) que bajará la temperatura del scrap a 40°C.

Figura 5: Sistema de refrigeración plodder



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

Este proceso de refrigeración tiene como fin que al entrar al plodder el scrap, se mantenga una temperatura de los 40°C, para así obtener las proporciones adecuadas de la barra que al salir del plodder a la cortadora, tenga un corte fino, no se vaya a partir o su forma vaya a cambiar.

Tabla 1: Porcentajes de humedad actual

			Humedad		
			Min	Objetivo	Max
FAB BARRA					
B0240310MCO	27	Floral	8.5	10.0	11.5
B0240312MCO	39	Limón	8.5	10.0	11.5
B0241439MCO	7	Lavanda	8.5	10.0	11.5
VEL ROSITA					
B0240915MCO	32	Vel Rosita Regular	18.5	20.5	22.5
B0241498MCO	4	Vel Rosita Baby	18.5	20.5	22.5

Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

En la tabla 1 se muestra el porcentaje de humedad que tiene el jabón Vel Rosita con el proceso actual que es de 20%. Con el nuevo proceso se espera que el porcentaje de humedad sea de un 25%, porque se ajusta a las condiciones que necesita el jabón Vel Rosita para su terminado ideal.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita, está diseñado con dos tanques que recibe el agua del retorno de todos los procesos de enfriamiento, y cuatro chillers que toman el agua fría de la central y la envían a los equipos que necesitan refrigeración en las líneas de producción de jabones, pero tres de los chillers ya no funcionan hace cinco años. Esto ha producido que el agua fría que recorre parte de la tubería que está sellada o desmontada tenga fugas que al parecer no dejan llegar el flujo adecuado a los equipos que tienen los sistemas de refrigeración para contener la húmeda necesaria en los jabones.

Al no tener un buen sistema de refrigeración, los equipos no canalizan bien el agua fría, produciendo calentamiento en sus mecanismos, dejando como resultado que el producto no se adhiera bien a las partes funcionales de refrigeración, tales como los rodillos que utiliza el molino que trabaja como un equipo extrusor para este tipo de producto. El molino al no tener un buen enfriamiento, bota el producto por todo el área produciendo así condiciones inseguras.

El sistema de refrigeración actual no es el adecuado ya que no da la seguridad de que el flujo sea continuo produciendo que el refinador no se adapte a las condiciones que realmente necesita el jabón en su proceso de refrigeramiento y humedad.

El mezclador actualmente no tiene un sistema de refrigeración adherido a sus mecanismos, por lo tanto, Colgate – Palmolive con la ayuda de Serviparamo propusieron los mecanismos, tuberías, y el tanque que se va a utilizar, pero no el diseño de la instalación del sistema de refrigeración, ubicación de los equipos y el monitoreo de los puntos de control que va a tener el sistema de enfriamiento requerido por la planta de detergentes.

Por consiguiente el sistema de refrigeración que se implementará en la línea de producción de jabón Vel Rosita es totalmente nuevo propuesto por Serviparamo pero no diseñado y el sistema de refrigeración que hay actualmente solo lo utilizará el plodder que por medio de él mantenga la temperatura del jabón que sale del refinador al plodder para así darle continuidad a la humedad deseada en el jabón Vel Rosita.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar el esquema de instalación para el sistema de refrigeración y monitoreo del refinador de la línea de producción de jabón Vel Rosita.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer el estado actual del sistema de refrigeración para la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Establecer las necesidades específicas de la empresa con respecto al sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Levantar la información técnica de los equipos existentes.
- Realizar el trazado del sistema de refrigeración y ubicación de equipos.
- Seleccionar los equipos requeridos para el sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Seleccionar el hardware y software requerido para monitorear y registrar el sistema de refrigeración de la línea de jabón Vel Rosita.
- Diseñar los diagramas de flujos necesarios para elaborar el programa de monitoreo y registro del sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Software que contenga base de datos que permita obtener históricos, alarmas y tiempos de operación de los equipos que hacen parte del sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.

- Realizar el diseño detallado de la interfaz grafica para el sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Proporcionar un listado de materiales y generar un presupuesto del costo de la ejecución del presente proyecto.
- Proporcionar una propuesta de cronograma para llevar a cabo la ejecución de presente proyecto.

JUSTIFICACIÓN

Para desarrollar el esquema del sistema de refrigeración y monitoreo del refinador para la línea de producción de jabón Vel Rosita es de gran importancia porque:

- Establecerá un medio de comunicación entre los equipos que formaran parte del sistema de refrigeración, mostrando su funcionamiento y el proceso que allí se llevara a cabo, como es la introducción del agua fría tanto al mezclador como el refinador de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Los jefes de producción podrán obtener datos más exactos y detallados sobre el funcionamiento del sistema de refrigeración, porque mostrará la cantidad de flujo que hay en el sistema y como se está controlando. Los datos que se controlaran y monitorearan son el flujo, la temperatura, la velocidad de las bombas, sensor de nivel en el tanque y presión.
- El sistema de refrigeración será completamente cerrado y monitoreado por sensores, que den respuestas al flujo continuo de agua refrigerada, lo que ayudara, a los ingenieros a observar cómo está respondiendo dicho sistema frente a las necesidades propuestas que es lograr bajar la temperatura del Making de 80°C a 50°C en el proceso del mezclado.
- El nuevo diseño del sistema de refrigeración y monitoreo del refinador para la línea de producción de jabón Vel Rosita será esencial porque en la empresa no se utiliza un mecanismo que verifique si el sistema de refrigeración que hay en la línea está enviando el flujo de agua adecuado o no. El flujo adecuado de agua que necesita el sistema de refrigeración que será utilizado en la línea de producción de jabón Vel Rosita, está orientado a dos equipos que hay actualmente que son: el mezclador que requiere 30 toneladas de refrigeración y el refinador que necesita 10 toneladas de refrigeración. Por medio de los equipos de medición automáticos que tendrá el sistema, se podrá controlar el flujo respectivo para cada equipo.
- Al desarrollar un histórico en el sistema de refrigeración y los equipos que dependen de ella en la línea de producción de jabón Vel Rosita, se tendrán los datos de todo el proceso de refrigeración las 24 horas al día, logrando verificar si se presentan problemas en el sistema, paradas de emergencia, daños en los equipos del sistema de refrigeración, etc.

ALCANCE DEL PROYECTO

La meta principal del proyecto es desarrollar el diseño del nuevo sistema de refrigeración que se instalará en el área de detergentes para la línea de producción de jabón Vel Rosita. Esto consiste en obtener los datos sensoriales de todo el sistema para desarrollar un histórico del proceso de refrigeración y también mostrar tendencias en donde se aprecie todo el funcionamiento de los sensores y como se comporta diariamente.

Con este nuevo sistema de refrigeración se desea mejorar la humedad del jabón para que sea compacto con los equipos de la línea de producción del jabón Vel Rosita y a las nuevas exigencias de la empresa en términos de calidad del jabón que es lo esencial del proyecto y por lo que fue creado.

Otra de las metas del proyecto es diseñar un esquema de la instalación del sistema de refrigeración y la ubicación de los equipos de control para su óptimo funcionamiento mostrando en planos la ubicación exacta del nuevo sistema de refrigeración y que cumpla con las normas de seguridad de la empresa.

Por último se desea desarrollar unos mímicos en un software especializado para mostrar los datos de las variables sensoriales del sistema de refrigeración, alarmas cuando se presenten daños en los equipos de control y históricos de todas las variables sensoriales del sistema.

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

Colgate – Palmolive es una compañía líder en el suministro de productos de consumo masivo que hacen la vida más saludable y agradable.

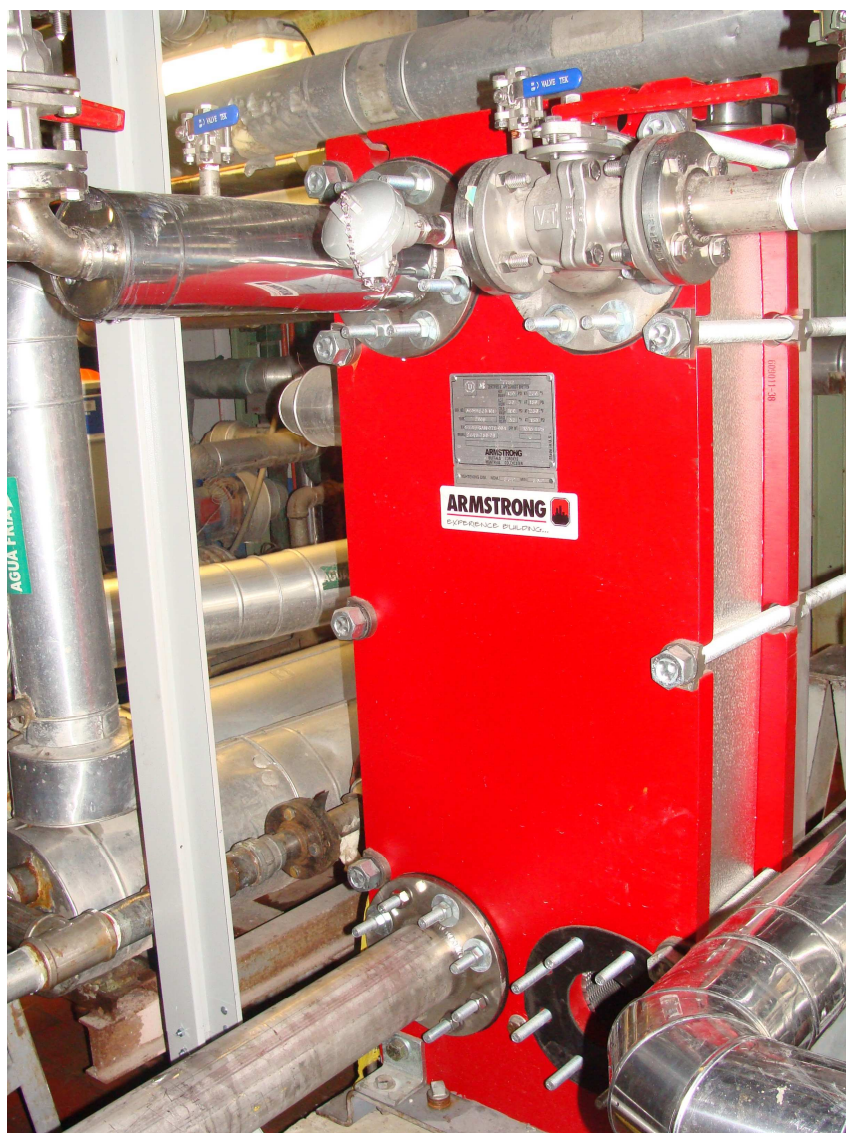
Están presentes en más de 200 países en donde emplean a más de 38.000 personas, quienes participan en programas constantes de entrenamiento y desarrollo para alcanzar el dinamismo de un mercado global. Colgate también promueve la exposición a proyectos variados, así como la rotación de cargos, asignaciones y traslados acordes con las capacidades y metas de la gente, y las necesidades del negocio.

MARCO TEORICO

FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE DEPENDEN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JABÓN VEL ROSITA

INTERCAMBIADOR DE CALOR

Figura 6: Intercambiador de calor



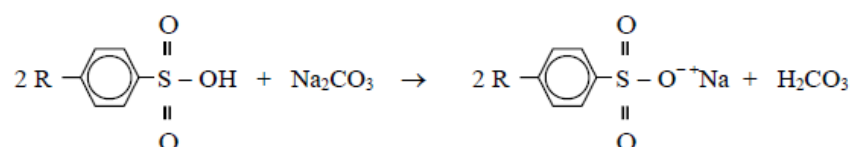
Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

El intercambiador de calor es un conjunto de placas preformadas con unos canales en disposición paralela por donde circulan los fluidos. Estas placas están montadas sobre un bastidor de acero y dos placas de acero sujetadas por espárragos de apriete que compactan las placas. Cada placa dispone de 4 bocas por donde circulan los fluidos en paralelo mientras que un fluido es conducido por las placas pares y el otro por las impares consiguiendo así el necesario intercambio de calor entre ambos. Las placas están separadas por juntas de estanqueidad de caucho, facilitando en este caso el mantenimiento de las mismas.

ELABORACIÓN Y MEZCLADO (MEZCLADOR)

El proceso se lleva a cabo en un reactor con aspas o amalgamador. Es aquí en donde ocurre la reacción de neutralización entre el ácido sulfónico y el carbonato de sodio que produce las sales surfactantes:

Figura 7: Reacción Exotérmica

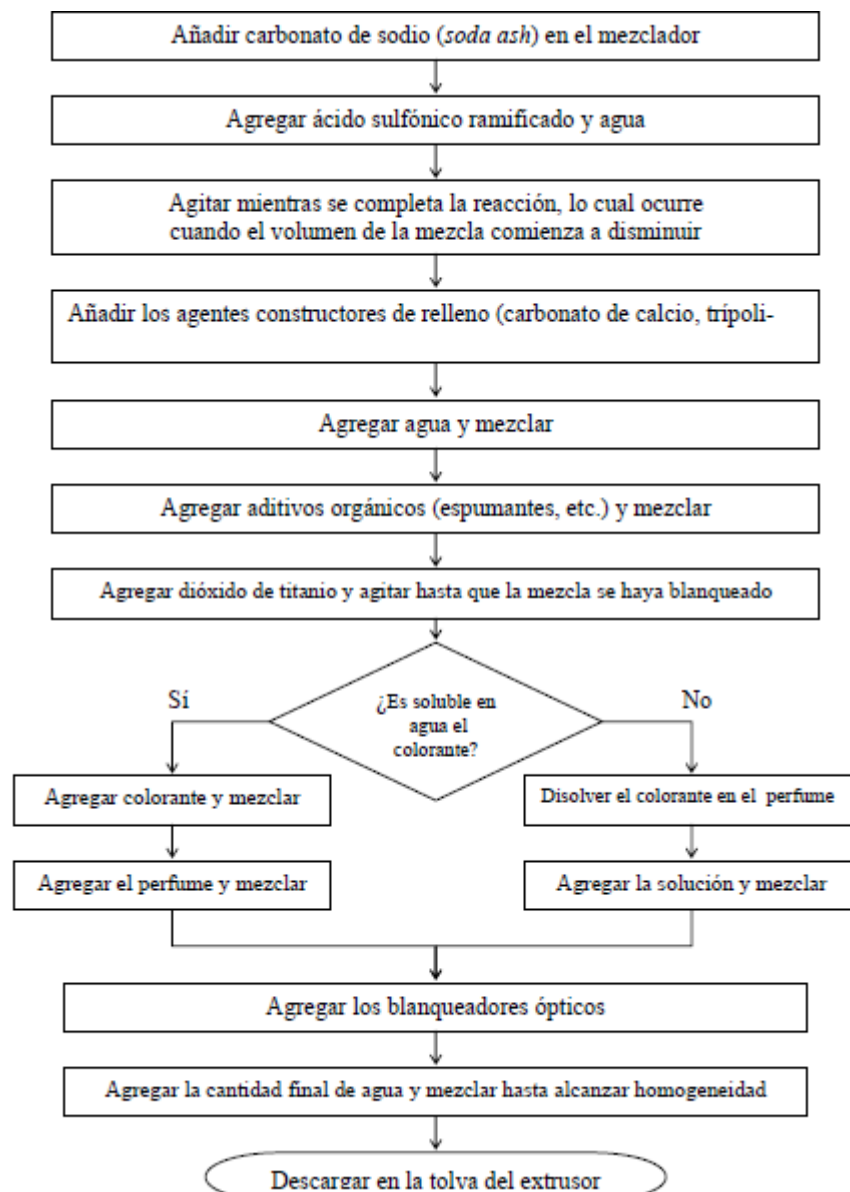


Se trata de una reacción exotérmica por lo que, además, existe formación de dióxido de carbono, debido a la descomposición del ácido carbónico:



La liberación de este gas causa que el volumen de la mezcla aumente y disminuya luego progresivamente mientras la reacción se completa. Por lo tanto, la adición de los materiales en el mezclador es gradual, sigue el diagrama de flujo general mostrado a continuación:

Figura 8: Flujo General



Inicialmente, se agrega carbonato de sodio, ácido sulfónico y agua; los demás ingredientes se añaden posteriormente para evitar que el volumen máximo alcanzado durante la reacción supere la capacidad del tanque. La mezcla es agitada hasta que la reacción se ha completado. Se efectúa la adición de los agentes constructores contemplados en la fórmula y agua, mezclando nuevamente hasta homogeneizar la muestra.

En segundo lugar, se agregan los ingredientes menores, comenzando por los aditivos orgánicos. A continuación, si el color del producto es claro, generalmente se añade dióxido de carbono o hipoclorito de sodio previo a la

adición del colorante, con el fin de blanquear la mezcla. La forma de añadir el colorante depende de la solubilidad del mismo. En el caso de colorantes solubles en agua, la adición se realiza directamente en el mezclador; mientras que si son solubles en solvente no polares, se disuelven en el perfume y se añaden en la solución que forman con éste. Por último, se añaden los blanqueadores ópticos y se agita la mezcla hasta lograr una consistencia uniforme y libre de grumos.

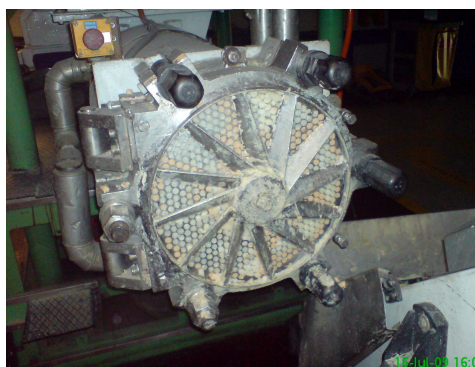
El proceso de elaboración y mezclado suele llevarse a cabo por lotes, pesando y añadiendo los materiales manualmente. En instalaciones que operan a gran escala esta operación suele ser automática; los ingredientes líquidos y sólidos son medidos por peso o volumen y descargados en el tanque de mezclado.

HOMOGENIZACIÓN Y EXTRUSIÓN (REFINADOR Y PLODDER)

Al finalizar el mezclado el detergente es descargado en una tolva, donde ingresa a extrusores de tornillo sin fin, que se emplean para homogenizarlo. Éstos lo empujan a través de mallas y platos perforados, de donde emerge como una barra continua con la sección transversal requerida para ser cortada en unidades. Este tipo de extrusor suele ser llamado plodder.

La calidad del producto es considerablemente afectada por el desempeño del extrusor. El detergente sintético es alimentado en una tolva y luego empujado a lo largo del bache por el tornillo. El aire es extraído al comprimir el detergente, el cual es forzado como una tuerca en el tornillo, de tal forma que el tornillo sólo puede rotar y el detergente sólo puede moverse longitudinalmente. El detergente es empujado a través del orificio del plato perforado (**Figura 9**), donde la barra emerge de la boquilla continuamente.

Figura 9: Plato Perforador



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

Una malla enfrente del plato perforado sirve para asegurar la homogeneidad de las barras. La chaqueta del barril del extrusor suele emplear agua fría como

refrigerante, mientras que para el calentamiento del cono se utiliza, generalmente, resistencias eléctricas.

Aunque la extrusión podría parecer una operación sencilla, sus resultados son influidos por diferentes factores en formas complejas, que generan varios problemas prácticos. Aparte del aspecto mecánico, uno de los problemas más frecuentes se relaciona con la presión desarrollada en el bache. Cuando el detergente es alimentado al tornillo, existe aire entre las piezas, el cual debe ser forzado de regreso mientras el detergente es compactado por el tornillo en el bache. La efectividad en esta tarea depende del desarrollo de la adecuada presión en el extrusor. La presencia de aire en el producto es inusual; se evidencia con la presencia de burbujas; también se debe considerar la temperatura del extrusor.

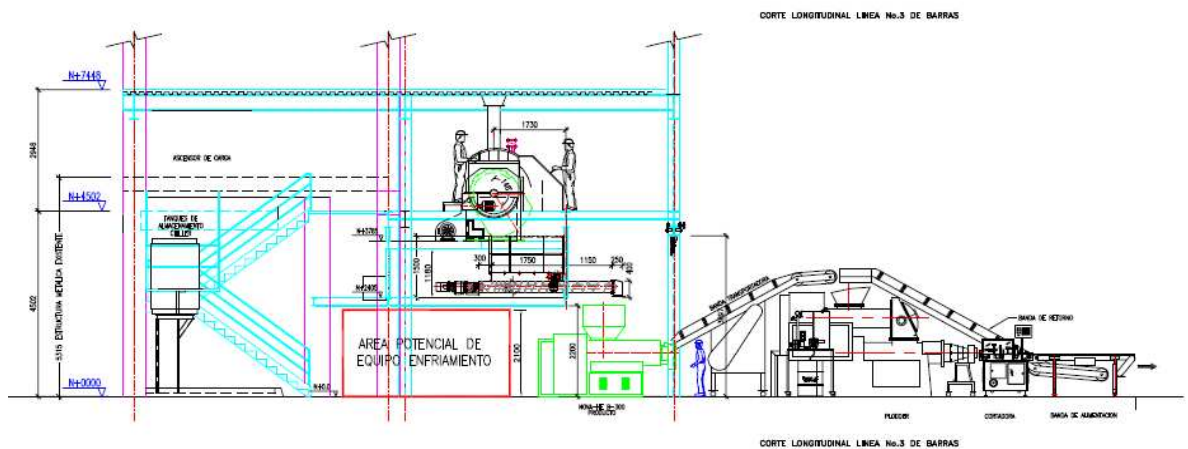
Otro problema importante ocurre cuando el detergente no se une apropiadamente en la cabeza cónica para producir una barra homogénea. En este caso, las barras no son completamente uniformes y suelen agrietarse. Para evitarlo, se requiere que el sistema desarrolle la presión necesaria y que el detergente sea lo suficientemente plástico para que se mezcle fácilmente. Estas dos condiciones son en cierto grado opuestas, puesto que un detergente sintético con alta dureza es capaz de desarrollar mayor presión, pero carece de capacidad de fusionarse. Por esta razón, debe encontrarse un equilibrio entre ambas variables para lograr una extrusión correcta.

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS QUE DEPENDEN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JABÓN VEL ROSITA

Los equipos que dependen del sistema de refrigeración (**Figura 10**) que se utilizará para efectos de este estudio, se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Mezclador.
- Refinador.
- Plodder.

Figura 10: Equipos que dependen del sistema de refrigeración



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

MEZCLADOR

Es una olla metálica, fabricada en acero al carbón, revestido interiormente de láminas de acero inoxidable del tipo AISI 306. Con los siguientes sub-equipos:

- Motor eléctrico, generalmente con capacidades que oscilan entre los 25 y 40 H.P, tensión a 240 V, y frecuencia de 60 Hz.
- Caja central reductora de velocidad, la cual trasmite la potencia a las aspas.
- Aspas dispuestas en tipo “Z” o sigma, éstas ayudan en la homogenización y velocidad del mezclado.
- Chaqueta de refrigeración.
- Sistema hidráulico de volteo.
- Cilindros, éstos regularmente son dos, uno a cada lado del mezclador.
- Bomba de alta presión.
- Reservorio de aceite hidráulico.
- Válvula de control de flujo hidráulico 3-2.
- Micro-switch de límite.
- Bloque distribuidor de fluido hidráulico.

- Campana de extracción de polvos finos, ésta generalmente está conectada a un sistema de ductos colectores de polvos.
- Panel eléctrico de control en el tercer piso.

REFINADOR

Consiste en una estructura pesada de acero y se compone de los siguientes subequipos:

- Motor eléctrico, generalmente oscila entre los 40 y 60 H.P, tensión a 240 V, y frecuencia de 60 Hz.
- Caja principal de reducción de velocidad, posee engranajes rectos y helicoidales en su interior que transmiten, a su vez, el movimiento circular y la potencia necesaria a los gusanos o tornillos sinfín.
- Bufo, este elemento es la conexión directa entre el eje de salida de la caja reductora y los gusanos.
- Gusanos o tornillos sinfín, son de hélices grandes no menores de 250 mm de diámetro, medido de cresta a cresta.
- Cañón, es la cavidad de alberga a los gusanos y posee una cámara de enfriamiento lo cual permite la fluidez del jabón.
- Placa de agujeros, se encuentra ubicada al extremo de los gusanos.
- Estrella o aspas de corte, se ubica posterior a la placa de agujeros, éstas cortan el jabón en fragmentos más pequeños como el tipo viruta.

PLODDER

Este equipo es de la misma estructura que el refinador, con la única diferencia que no contiene la cámara de vacío, la estrella o aspas de corte, y la placa de agujeros, posee adicionalmente los siguientes sub-equipos:

- Cabeza o nariz cónica, con una cámara o chaqueta de aceite para alta temperatura que se calienta a través de una resistencia eléctrica, esto mejora la fluidez del jabón en la salida.
- Cámara de enfriamiento, es una chaqueta metálica en donde se hace pasar agua de enfriamiento que proviene de un enfriador (*chiller*) central de baja temperatura, ésta oscila entre los 10 y 15 grados Celsius.

- Formador o boquilla, es la pieza metálica que le proporciona la forma característica a la barra de jabón.
- Controlador de temperatura (controla la temperatura del aceite en la nariz cónica).

DESARROLLO DEL PROYECTO

1. INGENIERÍA CONCEPTUAL

1.1 IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

1.1.1 Definir el campo de acción.

Descripción del proyecto

Diseño del esquema de instalación del sistema de refrigeración y monitoreo del refinador para la línea de producción de jabón Vel Rosita.

Principales objetivos

- Conocer el estado actual del sistema de refrigeración para la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Establecer las necesidades específicas de la empresa con respecto al sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Levantar la información técnica de los equipos existentes y adquiridos para el sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Seleccionar el hardware y software requerido para monitorear y registrar el sistema de refrigeración de la línea de jabón Vel Rosita.
- Diseñar los diagramas de flujos necesarios para elaborar el programa de monitoreo y registro del sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.

- Software que contenga base de datos que permita obtener históricos, alarmas y tiempos de operación de los equipos que hacen parte del sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Realizar el diseño detallado de la interfaz grafica para el sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita.
- Proporcionar un listado de materiales y generar un presupuesto aproximado del costo de la ejecución del presente proyecto.
- Proporcionar una propuesta de cronograma para llevar a cabo la ejecución de presente proyecto.

Mercado primario y secundario

Colgate – Palmolive Colombia

Premisas y restricciones

- Fácil de manejar.
- Instalación.
- Que sea económico.
- Que los equipos se consigan en Colombia.

Partes implicadas

- Colgate – Palmolive.
- Jefes de producción.
- Operarios.
- Ingeniero de proyectos de la planta de detergentes en el área barras.

1.1.2 Obtención de los datos primarios.

Para identificar los requerimientos y las necesidades de la planta de detergentes en el área de barras, sobre el diseño del sistema de refrigeración y monitoreo del refinador para la línea de producción de jabón Vel Rosita, se hizo una investigación del sistema de refrigeración que hay actualmente en la empresa y los equipos que dependen de ella. También se investigó con los ingenieros que están a cargo del sistema de refrigeración y del ingeniero encargado de los proyectos de la planta de detergentes para identificar sus necesidades y lo que esperan del proyecto.

1.1.3 Interpretación de los datos primarios.

Cuadro 1: Necesidades

#	PLANTEAMIENTO DEL CLIENTE	PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD
1	“Me gustaría conocer cuánto es el flujo, la presión, la temperatura del agua fría y la velocidad de las bombas en el sistema de refrigeración.”	Presentará monitoreo de las variables medibles en el proceso
2	“Me gustaría que se mostraran alarmas cuando no se esté trabajando en los rangos, las paradas de emergencia o problemas en el sistema.”	Presentará alarmas del sistema cuando no estén dentro de los rangos del proceso y paradas.
3	“Me gustaría ver la información en una pantalla, que tenga tendencias, mímicos del sistema y históricos.”	Presentará información en una pantalla HMI con funciones estadísticas
4	“Me gustaría conocer el tipo de salida de comunicación de los equipos de control.”	Comunicación equipos de control

5	“Me gustaría que la ubicación de los sensores, válvulas, etc. deban estar situados cerca del equipo de control que se va utilizar.”	Ubicación equipos de medición teniendo en cuenta equipo de control
6	“Me gustaría ver el plano de instalación del sistema de refrigeración y el diagrama de control del proceso de monitoreo.”	Plano de instalación del sistema de refrigeración y diagrama de control
7	“Los equipos de medición y control deben tener características iguales a los que existen en la empresa para su mantenimiento.”	Estandarización de los equipos

1.1.4 ORGANIZAR LAS NECESIDADES

De acuerdo con la información obtenida, estas fueron las necesidades encontradas:

Cuadro 2: Organización necesidades

#	PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD
1	Presentará monitoreo de las variables medibles en el proceso
2	Presentará alarmas del sistema cuando no estén dentro de los rangos del proceso y paradas.
3	Presentará información en una pantalla HMI con funciones estadísticas
4	Comunicación equipos de control
5	Ubicación equipos de medición teniendo en cuenta equipo de control

6	Plano de instalación del sistema de refrigeración y diagrama de control
7	Estandarización de los equipos

1.2 ESPECIFICACIONES PRELIMINARES DEL PROCESO

1.2.1 Necesidades del cliente con su nivel de importancia.

De acuerdo con la información obtenida, se organizan las necesidades según su nivel de importancia:

Tabla 2: Nivel de importancia de las necesidades

#	NECESIDADES	NIVEL DE IMPORTANCIA
1	Presentará monitoreo de las variables medibles en el proceso	1
2	Presentará alarmas del sistema cuando no estén dentro de los rangos del proceso y paradas.	2
3	Presentará información en una pantalla HMI con funciones estadísticas	3
4	Comunicación equipos de control	7
5	Ubicación equipos de medición teniendo en cuenta equipo de control	5
6	Plano de instalación del sistema de refrigeración y diagrama de control	4
7	Estandarización de los equipos	6

1.3 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

1.3.1 Clasificar el problema.

1.3.1.1 Descripción del proyecto.

Diseño del esquema de instalación del sistema de refrigeración y monitoreo del refinador para la línea de producción de jabón Vel Rosita.

1.3.1.2 Necesidades.

- Presentará monitoreo de las variables medibles en el proceso.
- Presentará alarmas del sistema cuando no estén dentro de los rangos del proceso y paradas.
- Presentará información en una pantalla HMI con funciones estadísticas.
- Comunicación equipos de control.
- Ubicación equipos de medición teniendo en cuenta equipo de control.
- Plano de instalación del sistema de refrigeración y diagrama de control.
- Estandarización de los equipos.

1.3.1.3 Especificaciones del proceso según Serviparamo.

El proyecto consiste en instalar un sistema de refrigeración por agua fría para el mezclador de la línea tres del jabón Vel Rosita, con un intercambiador de calor que se ubicara en la zona de servicio adjunta.

Este proyecto se ha basado en las siguientes condiciones de diseño, habiéndose tomado las informaciones suministradas por el “Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales” (IDEAM), según informaciones de los últimos años:

Tabla 3: Ambiente Exterior

Temperatura bulbo seco	95°F (35°C)
Temperatura bulbo húmedo	87.1°F (30.6°C)
Altura sobre el nivel del mar	995 mts
Latitud	3°27' Norte

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

1.3.1.3.1 Características del proceso según Serviparamo.

El proceso de enfriamiento puede ser continuo, es decir se puede pasar la mezcla de 80 a 50 grados centígrados sin necesidad de esperar a que se efectúe la reacción entre los componentes. Cada bache es de 520Kg y se dispone de cinco minutos para efectuar el enfriamiento de la mezcla.

La composición del jabón es:

- Polvo abrasivo (13 - 15% bentonita, 2% sal, 1% dióxido de titanio y 3 - 6% de carbonato de calcio).
- 20 - 25% agua.
- NaSO₃-Anillo-C₁₂H₂₅(Es el ingrediente activo).
- Jabón Húmedo (sulfato de sodio anhidrido).
- El calor específico aproximado de la mezcla es de 1,6 KJ/Kg °K.

1.3.1.3.2 Cálculos de pérdidas del proceso del jabón Vel Rosita según Serviparamo.

Se utilizará para el cálculo de pérdidas la desarrollada por Darcy - Weisbach por ser una de las fórmulas más exactas para cálculos hidráulicos, debido a su complejidad y a las ayudas informáticas en el cálculo del coeficiente "f" de fricción. La fórmula original es:

$$h = f \cdot (L / D) \cdot (v^2 / 2g)$$

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

En función del caudal, la expresión queda de la siguiente forma:

$$h = 0,0826 \cdot f \cdot (Q^2/D^5) \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- f: coeficiente de fricción (Adimensional)
- L: longitud de la tubería (m)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- v: velocidad media (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s²)
- Q: caudal (m³/s)

El coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad o rugosidad relativa de las paredes de la tubería (ϵ_r):

$$f = f(Re, \epsilon_r); \quad Re = D \cdot v \cdot \rho / \mu; \quad \epsilon_r = \epsilon / D$$

- ρ : densidad del agua (kg/m³).
- μ : viscosidad del agua (N·s/m²).
- ϵ : rugosidad absoluta de la tubería (m)

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de rugosidad absoluta para distintos materiales:

Tabla 4: Rugosidad absoluta materiales

Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,0,6 - 0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12 -0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03 -0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03 - 0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06 - 0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18 - 0,90
Fundición centrífuga	0,003	Hormigón	0,3 - 3,0

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Para el cálculo de "f" existen múltiples ecuaciones, a continuación se exponen las más importantes para el cálculo de tuberías:

- **BLASIUS (1911):** Propone una expresión en la que "f" viene dado en función del Reynolds. Válida para tubos lisos, en los que ϵ_r no afecta el flujo al tapar la subcapa laminar hasta $Re < 100000$:

$$f = 0,3164 \cdot Re^{-0,25}$$

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

- **PRANDTL Y VON - KARMAN (1930):** Amplían el rango de validez de la fórmula de Blasius para tubos lisos:

$$1 / \sqrt{f} = - 2 \log (2,51 / Re \sqrt{f})$$

- **NIKURADSE (1933):** Propone una ecuación válida para tuberías rugosas:

$$1 / \sqrt{f} = - 2 \log (\epsilon / 3,71 D)$$

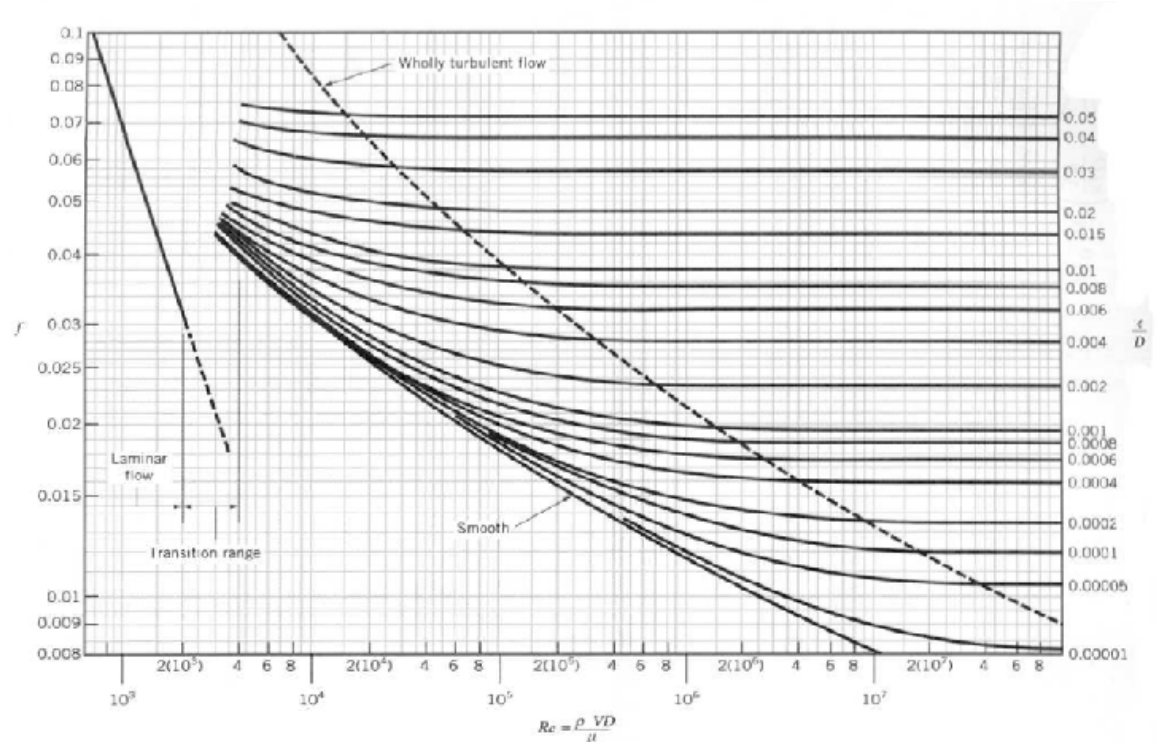
- **COLEBROOK - WHITE (1939):** Agrupan las dos expresiones anteriores en una sola, que es además válida para todo tipo de flujos y rugosidades. Es la más exacta y universal, pero el problema radica en su complejidad y en que requiere de iteraciones:

$$1 / \sqrt{f} = - 2 \log [(\epsilon / 3,71 D) + (2,51 / Re \sqrt{f})]$$

- **MOODY (1944):** Consiguió representar la expresión de Colebrook - White en un ábaco de fácil manejo para calcular "f" en función del número de Reynolds (Re) y actuando la rugosidad relativa (ϵ_r) como parámetro diferenciador de las curvas:

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Figura 11: Diferenciador de curvas Moody



Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Reemplazando las formulas con los valores obtenidos se obtiene lo siguiente:

- Línea Principal Chiller / Tanque

$$h = 0,0826 \cdot f \cdot (Q^2/D^5) \cdot L$$

$$h_{\text{tubería}} = 0,0826 \cdot 0,03 \cdot (0,00454249^2/0,06607^5) \cdot 50$$

$$h_{\text{tubería}} = 2,03 \text{ m}$$

1.3.1.3.3 Pérdidas menores.

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (K):

$$h = K \cdot (v^2 / 2g)$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- K: coeficiente empírico (adimensional)
- v: velocidad media del flujo (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s²)

El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la siguiente tabla se resumen los valores aproximados de "K" para cálculos rápidos:

Tabla 5: Valores del coeficiente K en pérdidas singulares

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accesorio	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35

Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Reemplazando las formulas con los valores obtenidos se obtiene lo siguiente:

- Línea principal

$$h_{\text{menores}} = (10+0,9*3) * (1.11^2 / 2*9,81)$$

$$h_{\text{menores}} = 0,8 \text{ m}$$

$$h = 2,03 + 0,8$$

$$h = 2,83 \text{ m}$$

$$h = 2,16 \text{ m}$$

1.3.1.3.4 Cálculo de la carga térmica según Serviparamo.

Se utilizara para el cálculo de la carga térmica la formula desarrollada experimentalmente por ser una fórmula más simple y confiable para este tipo de procesos. La fórmula original es:

$$Q = m \cdot C_p \cdot DT$$

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

En donde:

- Q: Carga térmica o de energía a disipar (Kcal/h)
- m: Flujo Másico (Kg/h)
- Cp: Coeficiente de transferencia de calor específico (Kcal/Kg°C)
- DT: Diferencia de Temperatura (°C)

En la siguiente tabla se muestran algunos valores experimentales que se tomaron en la planta:

Tabla 6: Valores experimentales

Volumen	Tiempo	Temperatura
27,5 galones	1.2 minutos	12,8 °C
27,5 galones	3,12 minutos	41,1 °C

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Reemplazando las formulas con los valores obtenidos se obtiene lo siguiente:

Caudal = Volumen / Tiempo

Caudal 1 = 22,9 gpm

Caudal 2 = 8,81 gpm

Cp del agua se toma de 1 Kcal / Kg °C

DT = 28,3 °C

Q1 = 141.407,75 Kcal/h

Q1 = 46,7 TR

$$Q2 = 56.627.5 \text{ Kcal/h}$$

$$Q2 = 18,8 \text{ TR}$$

Formulas: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

Revisando el amplio rango de los datos y la diferencia de presiones entre entrada y salida del agua del proceso (30 PSI) y haciendo un promedio Geométrico con los datos obtenidos se tiene:

$$m_P = 12,7 \text{ gpm}$$

$$Q_p = 83.340 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_p = 27,6 \text{ TR}$$

CONCLUSIÓN:

Seleccionando el equipo de enfriamiento de agua más adecuado se selecciono un intercambiador de placas de 40TR.

1.3.1.3.5 Especificaciones técnicas para el sistema de refrigeración según Serviparamo.

1.3.1.3.5.1 Intercambiador de calor.

El intercambiador al suministrar tendrá las siguientes características de trabajo:

Capacidad	Nominal 40.0 T.R
Material	Acero inoxidable

1.3.1.3.5.2 Bomba de agua de Intercambiador / Tanque.

Capacidad Nominal	96 GPM
Cabeza Dinámica Total	98 Ft (42.5 PSI)
Voltaje	440 - 460 V/ 3 F/ 60 Hz

1.3.1.3.5.3 Tanque de expansión.

Altura	90 CM
Capacidad	200 LTS

1.3.1.3.5.4 Redes de agua fría según Serviparamo.

1.3.1.3.5.4.1 Tubería de agua helada.

Material	Acero Inoxidable 304
----------	----------------------

1.3.1.3.5.4.2 Soportes.

Tabla 7: Soportes y varilla de cuelga

DIAMETRO TUBERIA	ESPACIO ENTRE SOPORTES	DIAMETRO VARILLA DE CUELGA
1"	2.13 metros	3/8"
1 1/4"	2.13 metros	3/8"
1 1/2"	2.74 metros	3/8"
2"	3.05 metros	3/8"
2 1/2"	3.35 metros	3/8"
3"	3.66 metros	1/2"

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

1.3.1.3.5.4.3 Banda tubería.

Tabla 8: Banda Tubería

DIAMETRO TUBERÍA	CALIBRE DE LA BANDA	LONGITUD DE LA BANDA
1"	18	12"
1 1/4"	18	12"
1 1/2"	18	12"
2"	18	12"
2 1/2"	16	12"
3"	16	12"

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

1.3.1.3.5.5 Aislamiento.

Las tuberías de agua fría, con sus uniones, válvulas y bridas, llevarán aislamiento térmico de poliuretano de celdas cerradas de 35 kilos por metro cubico de densidad, en cañuelas preformadas de 1" de espesor para diámetros de tubería hasta 1" y en 1 ½" de espesor para diámetros mayores.

El aislamiento se recubrirá con lámina de aluminio grafado de 0.7mm de espesor, asegurándola con bandas de aluminio.

1.3.1.3.5.6 Protección anticorrosiva y pintura de acabado.

La preparación de las superficies se realizara de acuerdo con las normas de Stell Structures Painting Council (PSC) y deberá alcanzar un grado de limpieza PSC SP 5, grado metal blanco, de acuerdo con los procedimientos indicados por la norma.

1.3.1.3.5.7 Accesorios redes de agua.

Tabla 9: Equipos red de agua fría

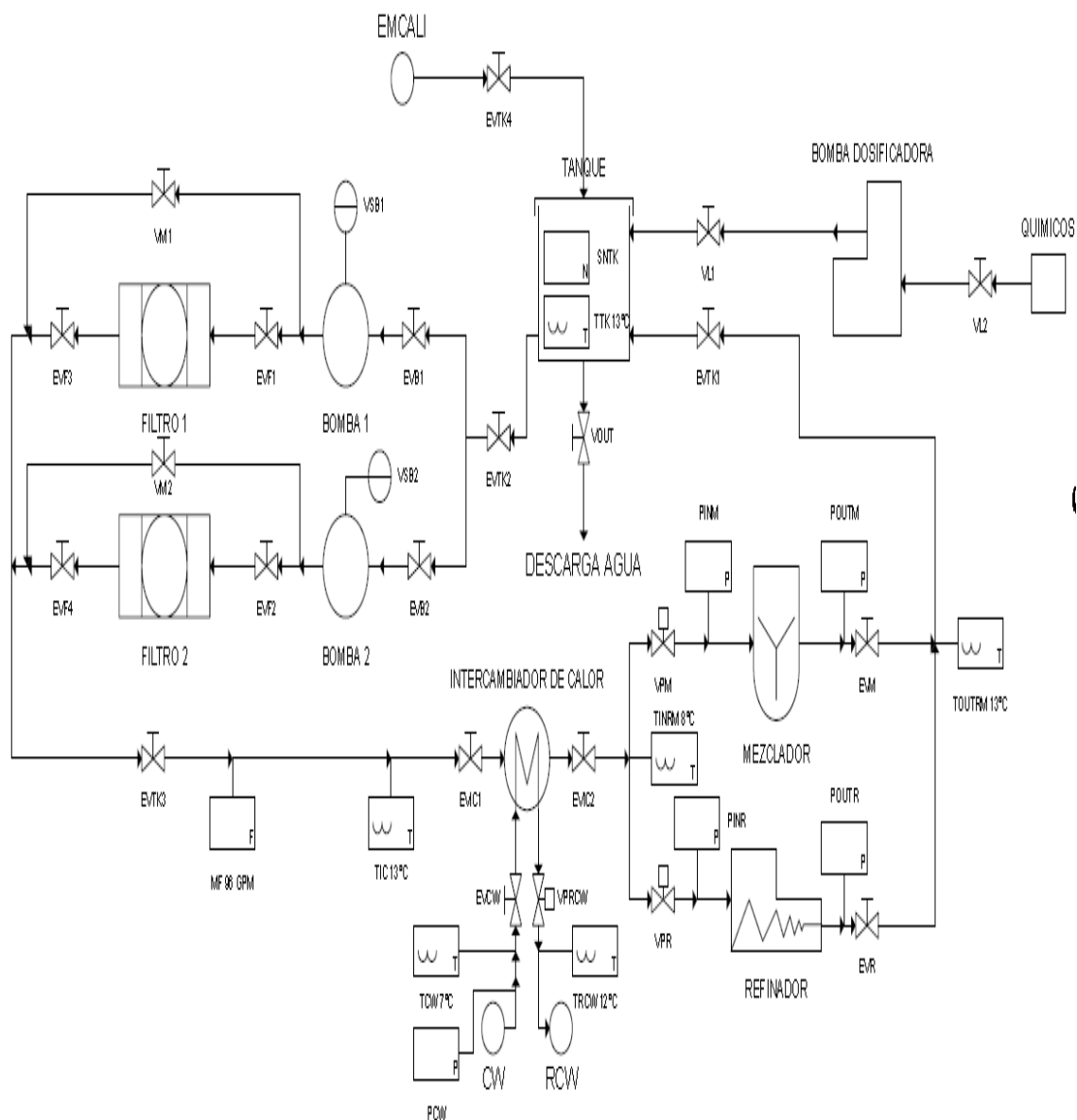
NOMBRE	DIAMETRO	OBSERVACIÓN
Manómetros	4 ½"	Para agua con caratula de 4" y graduación 0 - 100 Psig
Termómetro de columna		9" Bulbo de mercurio y graduación de 0 - 120 °F
Filtro Y	2 ½" y 1 ½"	Evitar taponamiento del serpentín
Válvula de corte	2 ½" y 1 ½"	A la entrada y salida de los equipos para mantenimiento
Válvula de globo	2 ½" y 1 ½"	A la entrada de los equipos para su balanceamiento
Válvula de 3 vías proporcional	1 ½"	A la entrada del mezclador para controlar la temperatura de entrada de agua al proceso con su respectiva sonda y Controlador

Fuente: SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009

1.3.1.4 Especificaciones del proceso.

En el siguiente bosquejo se mostrará cómo será el esquema de la instalación para el refrigeramiento del mezclador y refinador, que son los equipos que dependen del nuevo sistema de refrigeración.

Figura 12: Bosquejo sistema de Refrigeración nuevo



A continuación se mostrarán las tablas acorde a las nomenclaturas de los equipos, válvulas y sensores mostrados en la figura 12 y sus respectivas observaciones.

Cuadro 3: Lista de válvulas Figura 12

LISTA DE VÁLVULAS FIGURA 12		
Texto mostrado	Descripción	Clase de válvula
EVB1	Válvula bomba 1.	Electroválvula.
EVB2	Válvula bomba 2.	Electroválvula.
EVCW	Válvula entrada CW ("Cold Water").	Electroválvula.
EVF1	Válvula entrada filtro 1.	Electroválvula.
EVF2	Válvula entrada filtro 2.	Electroválvula.
EVF3	Válvula salida filtro 1.	Electroválvula.
EVF4	Válvula salida filtro 2.	Electroválvula.
EVIC1	Válvula entrada del agua proveniente del tanque al IC.	Electroválvula.
EVIC2	Válvula salida del agua proveniente del IC al mezclador y refinador.	Electroválvula.
EVM	Válvula salida mezclador.	Electroválvula.
EVR	Válvula salida refinador.	Electroválvula.
EVTK1	Válvula entrada del agua al tanque proveniente del mezclador y refinador.	Electroválvula.
EVTK2	Válvula salida del agua del tanque al sistema de refrigeración.	Electroválvula.
EVTK3	Válvula paso del agua proveniente de las bombas.	Electroválvula.
EVTK4	Válvula entrada del agua de EMCALI al tanque.	Electroválvula.
VL1	Válvula para limpieza del tanque con los químicos.	Válvula manual.
VL2	válvula para introducir los químicos a la bomba dosificadora.	Válvula manual.
VM1	Válvula de mantenimiento del filtro 1.	Válvula manual.
VM2	Válvula de mantenimiento del filtro 2.	Válvula manual.
VOUT	Válvula para descargar el agua del tanque.	Válvula manual.
VPM	Válvula entrada del agua al mezclador.	Válvula proporcional.
VPR	Válvula entrada del agua al refinador.	Válvula proporcional.
VPRCW	Válvula salida RCW ("Return Cold Water").	Válvula proporcional.

Cuadro 4: Lista de sensores Figura 12

LISTA DE SENSORES FIGURA 12	
Texto mostrado	Descripción
MF	Medidor de flujo. Ubicado en la entrada del agua proveniente del tanque. Capacidad 120 GPM.
PCW	Sensor de presión. Ubicado en la entrada CW ("Cold Water"). Capacidad 0 - 150 PSI.
PINM	Sensor de presión. Ubicado en la entrada del mezclador. Capacidad 0 - 150 PSI.
PINR	Sensor de presión. Ubicado en la entrada del refinador. Capacidad 0 - 150 PSI.
POUTM	Sensor de presión. Ubicado en la salida del mezclador. Capacidad 0 - 150 PSI.
POUTR	Sensor de presión. Ubicado en la salida del mezclador. Capacidad 0 - 150 PSI.
SNTK	Sensor de nivel. Ubicado en el tanque. Capacidad 0 - 200 LTS.
TCW	Sensor de temperatura. Ubicado en la entrada CW ("Cold Water"). Capacidad 0 - 100°C (7°C).
TIC	Sensor de temperatura. Ubicado en la entrada del agua proveniente del tanque. Capacidad 0 - 100°C (13°C).
TINRM	Sensor de temperatura. Ubicado en la entrada del mezclador y refinador. Capacidad 0 - 100°C (8°C) .
TOUTRM	Sensor de temperatura. Ubicado en la salida del mezclador y refinador. Capacidad 0 - 100°C (13°C) .
TRCW	Sensor de temperatura. Ubicado en la salida RCW ("Return Cold Water"). Capacidad 0 - 100°C (12°C).
TTK	Sensor de temperatura. Ubicado en el tanque. Capacidad 0 - 100°C (13°C).
VSB1	Variador de velocidad bomba 1.
VSB2	Variador de velocidad bomba 2.

Cuadro 5: Lista de equipos Figura 12

LISTA DE EQUIPOS FIGURA 12	
Texto mostrado	Descripción
BOMBA 1	Bombear agua al sistema de refrigeración.
BOMBA 2	Bombear agua al sistema de refrigeración.
BOMBA DOSIFICADORA	Bombea los quimicos al sistema de refrigeración
FILTRO 1	Purificar el agua. Retener particulas de contaminación.
FILTRO 2	Purificar el agua. Retener particulas de contaminación.
INTERCAMBIADOR DE CALOR	Equipo que genera agua fría. Capacidad 40 TON.
MEZCLADOR	Equipo que mezcla materia prima con agua. Recibe 30 TON de agua fría.
QUIMICOS	Mezcla de quimicos para limpiar el sistema de refrigeración.
REFINADOR	Equipo que extrusa el jabón. Recibe 10 TON de agua fría.
TANQUE	Almacena agua del sistema. Capacidad 200 lts.

El proceso del sistema de refrigeración será diseñado en un circuito cerrado que tendrá a la entrada del intercambiador de calor el suministro de agua fría proveniente de la planta central (CW) con una temperatura de 7°C (TCW). Por la otra entrada tendrá el suministro de agua por parte del tanque de 200 litros que a la vez estará alimentado por el agua proveniente de Emcali (EVTK4) y del retorno del mezclador y el refinador (EVTK1) con una temperatura de 13°C

(TTK y TOUTRM). El suministro de agua de Emcali al tanque de 200 litros se hará porque el tanque siempre deberá tener la capacidad para que los equipos respondan bien, en este caso las bombas estarán enviando el agua por presión del tanque al intercambiador de calor y a los equipos que necesitan el agua refrigerada (EVTK2 y EVTK3).

El “By - Pass” del sistema se utilizará para el mantenimiento de los filtros uno (EVF1 y EVF3) y dos (EVF2 y EVF4) y su función es evitar el taponamiento del serpentín y de contener las impurezas del sistema de refrigeración. Los variadores de velocidad (VSB1 y VSB2) para las bombas se utilizarán para controlar el flujo de agua proveniente del tanque y de los datos que registre el medidor de flujo (MF) con la capacidad adecuada de flujo para el sistema de refrigeración. Por último se instalará una bomba dosificadora para la introducción de los componentes químicos para la limpieza (VL1 y VL2) del sistema de refrigeración y serán retirados por la parte inferior del tanque (VOUT). Todo este proceso de mantenimiento se hará de forma manual.

Ya con el suministro de agua bien canalizado por la tubería, el intercambiador enviara el agua fría con una capacidad de 40 TON al mezclador y al refinador (EVIC2) dependiendo de la necesidad de cada uno a una temperatura de 8°C (TINRM). El mezclador necesita más capacidad de agua fría porque es en este punto donde se desarrolla el choque térmico de 80°C a 50°C que es la temperatura que se necesita para que los equipos de extrusión tomen bien el producto y no se pierda la humedad del jabón que es la necesidad principal del proceso. En este caso el mezclador recibirá 30 TON de agua fría (VPM 75%) y el refinador recibirá 10 TON de agua fría (VPR 25%) del flujo total de las 40 TON de agua fría que enviará el intercambiador de calor.

En las entradas del refinador y el mezclador se instalarán dos válvulas proporcionales para dar el suministro de agua fría necesaria para cada uno. Puede existir el caso en que el mezclador pueda tener más capacidad de agua

fría por lo mencionado arriba y se puede aumentar a 32 TON (VPM 80%) de agua fría, dejando al refinador con 8 TON (VPR 20%) de agua fría sin obtener problemas en el funcionamiento de sus mecanismos.

En el sistema de refrigeración se instalarán sensores de temperatura, presión, flujo y de nivel, para saber si el proceso está trabajando con las especificaciones deseadas y si el caudal del agua es el adecuado para el trabajo de los equipos que dependen del sistema de refrigeración. Estos sensores se utilizarán para hacer un seguimiento del proceso y con esto se monitorearán las variables medibles para desarrollar históricos con el fin de conocer cómo se comporta el sistema de refrigeración en el año. Esto ayudará a conocer si el suministro de agua por parte de la planta central es el acordado con la planta de detergentes (**Figura 12**).

El agua fría retornará a la planta central por una salida del intercambiador de calor (VPRCW) a una temperatura de 12°C (TRCW).

1.3.2 Búsqueda externa.

Consulta a Serviparamo

Búsqueda en literatura especializada

1.3.3 Búsqueda interna.

La búsqueda interna se realizará con los jefes de producción, instrumentistas y personal que dependen del proyecto.

1.3.4 Exploración sistematizada.

1.3.4.1 Especificaciones de los equipos para monitorear.

Según el diagrama de la figura 12 se explicarán las características de los equipos sensoriales que serán instalados en el sistema de refrigeración acorde a las condiciones del sistema. En este punto se utilizará la ayuda de un instrumentista de la planta para parametrizar de la forma más exacta los equipos que se instalarán en el sistema de refrigeración.

Tabla 10: Especificaciones de los equipos para monitorear

Cantidad	Nombre	Rango	Unidad	Alarmas	Existe	Observaciones
6	Sensores Temperatura	0 – 100	°C	Visual y sonora	NO	Termocupla tipo J watlow bulbo de 1/4" * 2" de largo en inox 3/16" Contacto directo con el fluido para rosca 1/2" con termopozo tubo de 1/2" en inox 3/16" rosca 1/2" y conexión al proceso de 3/4" npt con Trasmisor aislado INHOR
5	Sensores Presión	0 – 150	PSIG	Visual y sonora	NO	Interruptor de presión de estado 1/4" NPT
1	Sensor de nivel	900	mm	Visual y sonora	NO	Sensor nivel tanque suministro. Contacto seco
1	Sensor de flujo	120	GPM	Visual y sonora	NO	Cantidad de Caudal

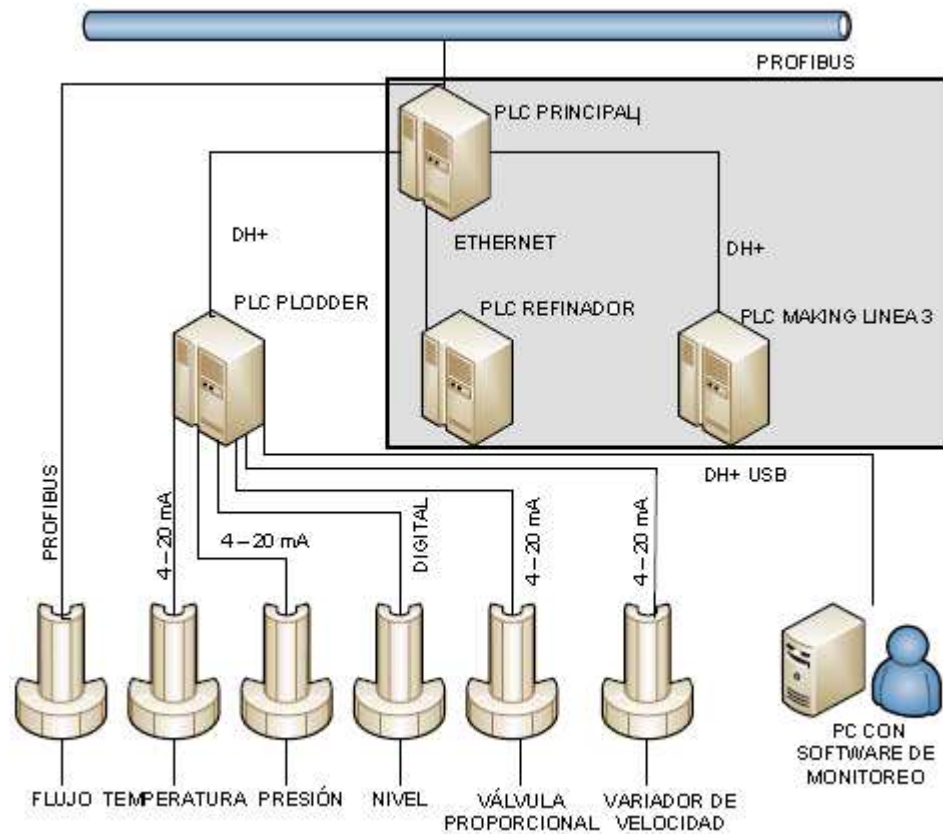
1	Software HMI			Visual y sonora	NO	Posibilidad de mímicos o pantallas de bombas, tanque, mezclador, refinador con señales de sensores o actuadores instalados en el sistema. Posibilidad de ver tendencias y alarmas en el sistema. Históricos.
3	Válvulas de control	0 – 150	PSIG	Visual y sonora	NO	Tipo proporcionales, Tubería 2" Schedule 40, 2 vías
2	Variadores de velocidad		m/sg	Visual y sonora	NO	Drive o variador de velocidad con display gráfico

1.3.4.2 Topologías.

En este punto del proyecto se especificarán alternativas del tipo de conexión que se pueden utilizar para los equipos de control que tendrá el sistema de refrigeración de la línea de producción de jabón Vel Rosita. Cabe aclarar que la comunicación del PLC "Making" línea 3 ya existe en la empresa y este no será modificado. Para el refinador la comunicación se utilizará tipo Ethernet porque es el único compatible con el tipo de comunicación que tiene su PLC proveniente de fábrica. Estas topologías se diseñarán para el PLC del plodder. En caso de que el PLC del plodder sea dimensionado sobre la capacidad que tenga de módulos, se tiene la idea de colocar otro PLC que sea solo e independiente para el sistema de refrigeración pero sigue teniendo el mismo tipo de salida de la alternativa que se ajuste al PLC del plodder.

1.3.4.2.1 Topología A.

Figura 13: Topología A



La parte sombreada es lo que actualmente existe en la empresa.

Ventajas:

- Es un protocolo conocido por los operarios de la planta.
- Es un protocolo industrial confiable.
- La distancia máxima entre los equipos es ideal para el proceso de control que se va a implementar.

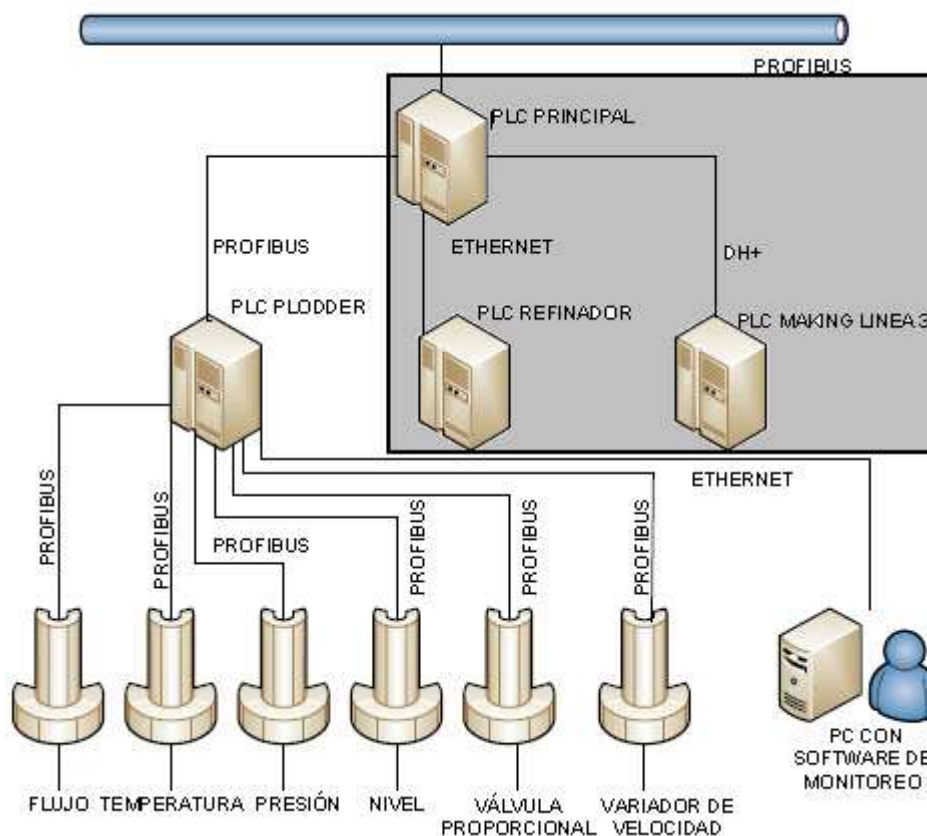
Desventajas:

- Para poder conectar a la red un nuevo equipo se requiere una tarjeta externa o embebida que maneje el protocolo DH+.

- El uso de señales de sensores a 4 – 20 mA o 0 – 5 V restringen la distancia entre el controlador y el sensor.
- El protocolo DH+ es poco conocida, por lo tanto se requiere personal especializado.
- La topología maestro – esclavo exige para la continuidad de su funcionamiento el correcto y permanente desempeño del maestro.
- El computador es el elemento más vulnerable en una red industrial.

1.3.4.2.2 Topología B.

Figura 14: Topología B



La parte sombreada es lo que actualmente existe en la empresa.

Ventajas:

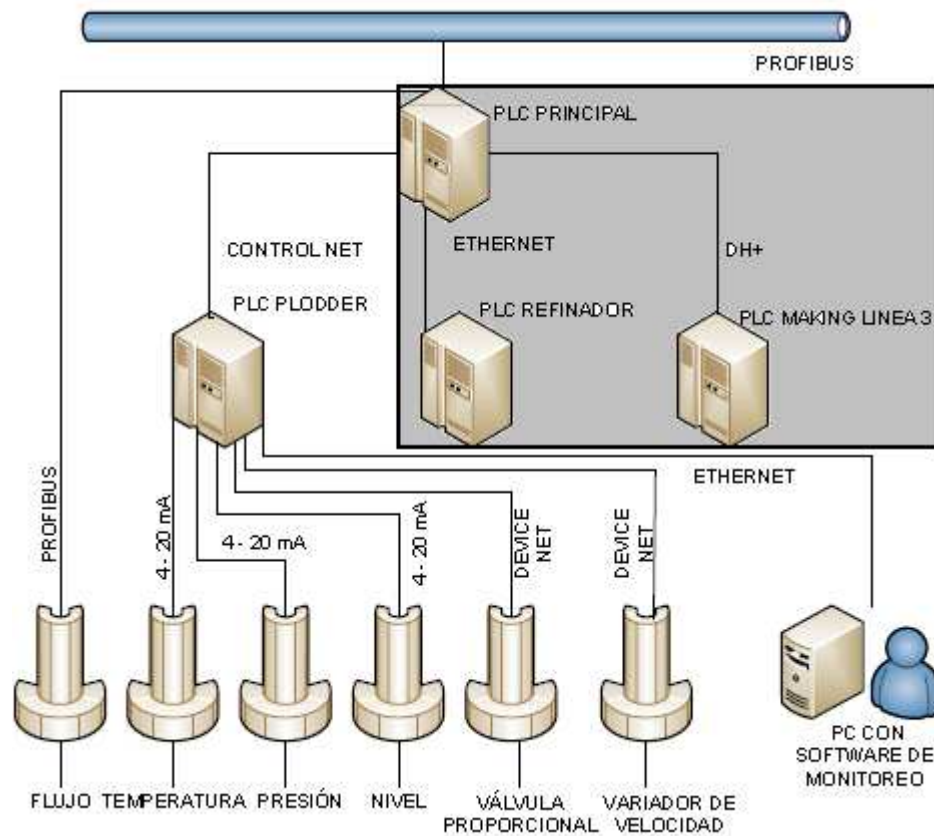
- Reducción al mínimo del Total Cost of Ownership (costo total de propiedad) a través de la comunicación homogénea por bus de campo.
- La conexión directa de dispositivos de proceso, especialmente en la zona Ex, permite ahorrar en cableado y componentes mecánicos para la interconexión, la distribución, la alimentación y el montaje.
- Comunicación rápida y segura, así como precisión de medición elevada.
- Alto contenido informativo y comunicación bidireccional para funciones avanzadas de diagnóstico para la detección y la eliminación más rápida y precisa de fallos.
- Menores gastos de planificación y de ingeniería, así como gastos de puesta en marcha más reducidos en comparación con la transmisión convencional de señales a través de conexiones punto a punto en paralelo.
- Sistema de seguridad integrado con comunicación de seguridad vía PROFIBUS como alternativa económica a los sistemas de seguridad separados.
- Gestión eficiente de activos con previsión de vidas residuales y planificación del mantenimiento preventivo.

Desventajas:

- El protocolo Ethernet es no determinístico y su confiabilidad depende de la red de datos.
- El costo de inversión para implementar una red Ethernet dedicada resulta bastante elevada para una red tan pequeña.
- No tiene capacidades de control en el campo.

1.3.4.2.3 Topología C.

Figura 15: Topología C



La parte sombreada es lo que actualmente existe en la empresa.

Ventajas:

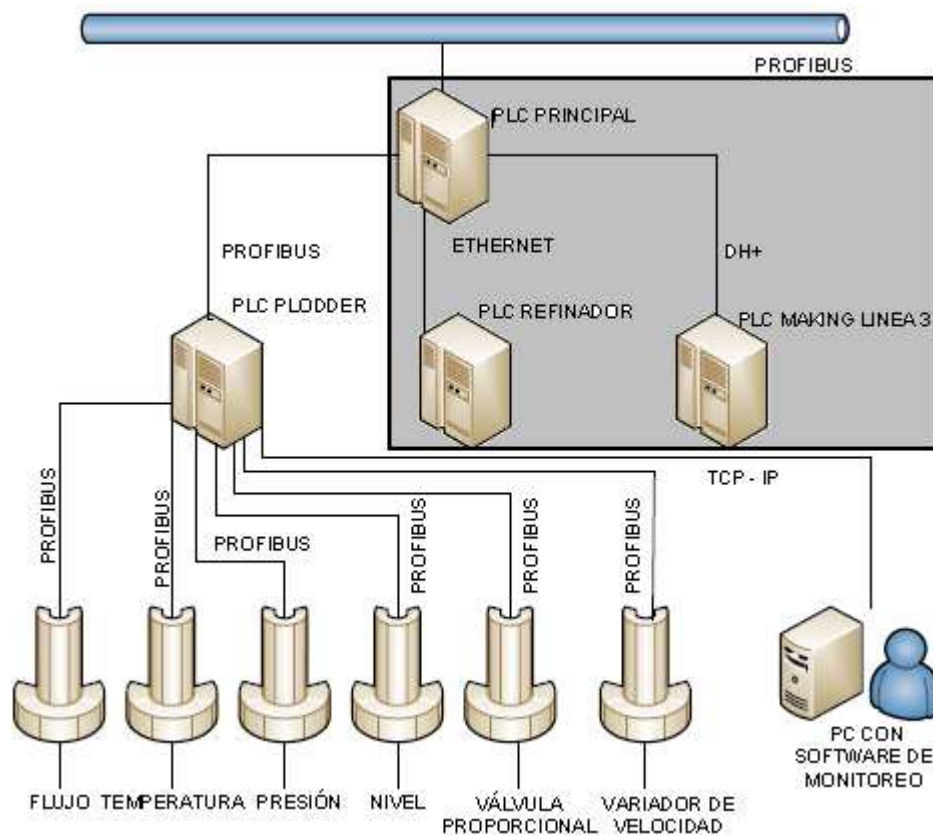
- Reducción del costo de instalación.
- Reducción del tiempo de puesta en marcha.
- Reducción de los tiempos de paro.
- Mayor productividad y calidad en los productos, los dispositivos pueden proporcionar más información, con mayor precisión y fiabilidad.
- Proporciona una instalación simple y flexible que no requiere unas herramientas especiales.
- Integración de un amplio rango de dispositivos.

Desventajas:

- Todos los componentes deben tener la posibilidad de comunicación Device - Net.
- Capacitación del personal técnico para operación y mantenimiento.
- El protocolo Ethernet es no determinístico y su confiabilidad depende de la red de datos.
- El costo de inversión para implementar una red Ethernet dedicada resulta bastante elevada para una red tan pequeña.
- Solo funciona con dispositivos de campo.

1.3.4.2.4 Topología D.

Figura 16: Topología D



La parte sombreada es lo que actualmente existe en la empresa.

Ventajas:

- Reducción al mínimo del Total Cost of Ownership (costo total de propiedad) a través de la comunicación homogénea por bus de campo.
- La conexión directa de dispositivos de proceso, especialmente en la zona Ex, permite ahorrar en cableado y componentes mecánicos para la interconexión, la distribución, la alimentación y el montaje.
- Comunicación rápida y segura, así como precisión de medición elevada.
- Alto contenido informativo y comunicación bidireccional para funciones avanzadas de diagnóstico para la detección y la eliminación más rápida y precisa de fallos.

Desventajas:

- El computador es el elemento más vulnerable en una red industrial.
- Problemas de seguridad informática propias de una red.
- Presenta inconvenientes de confiabilidad de comunicaciones por excesivo tráfico de la red.
- No tiene capacidades de control en el campo.

1.3.4.3 Selección de topología.

La topología A según las evaluaciones hechas y comparaciones con otras alternativas es la más apropiada para el proyecto, Porque se acondiciona a las necesidades de los equipos sensoriales que se van a implementar en el sistema de refrigeración y a la salida de comunicación de los equipos. También es la más adecuada para el monitoreo de las variables sensoriales que se van a tomar del sistema de refrigeración.

1.4 PRUEBA DE CONCEPTOS

1.4.1 Propósito de la prueba

Evaluar la aceptación de los jefes de producción con la topología elegida.

1.4.2 Población a encuestar

Jefes de producción

Ingenieros

Mantenimiento

Instrumentistas

1.4.3 Forma de la encuesta

Entrevista personal

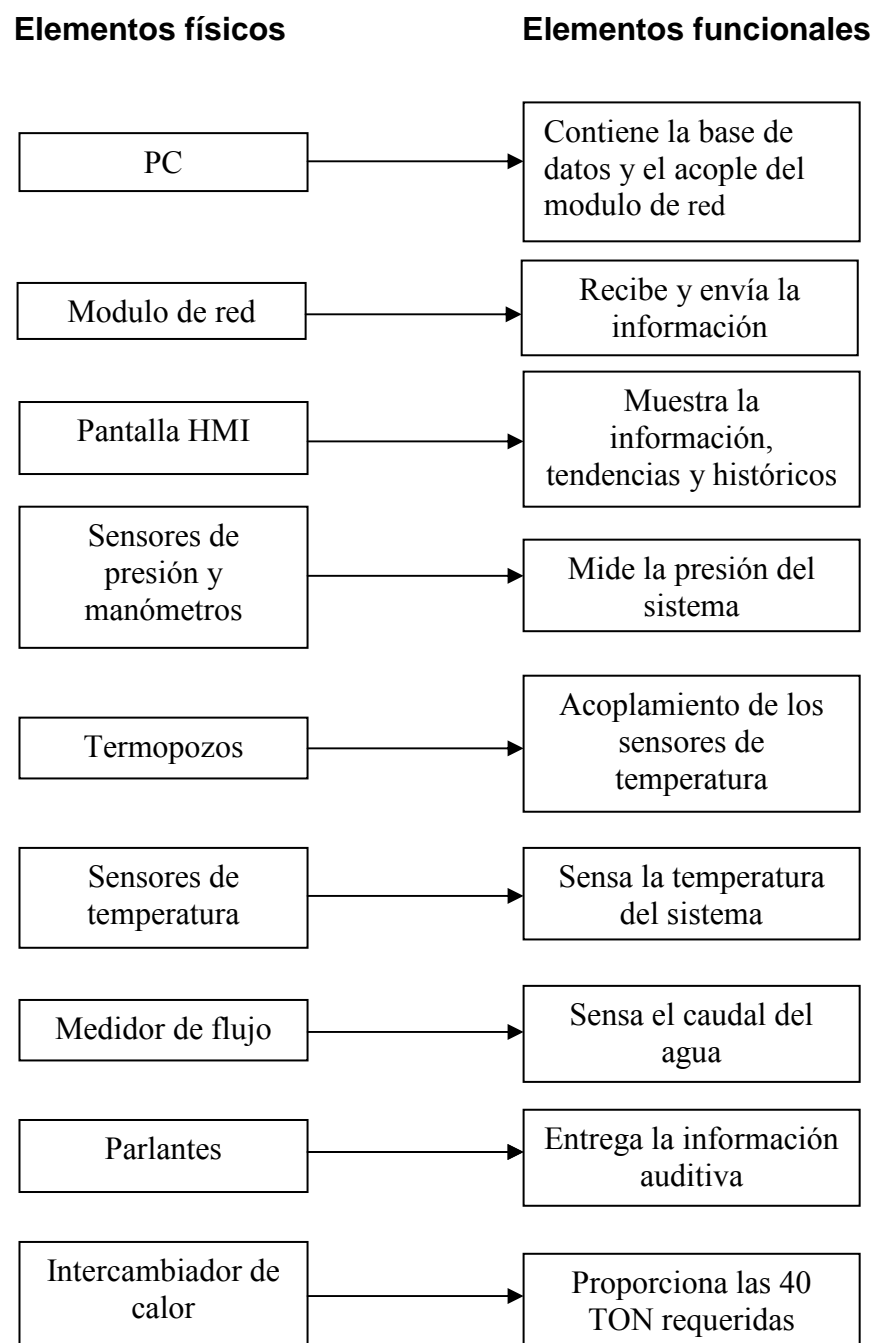
1.4.4 Comunicar la topología

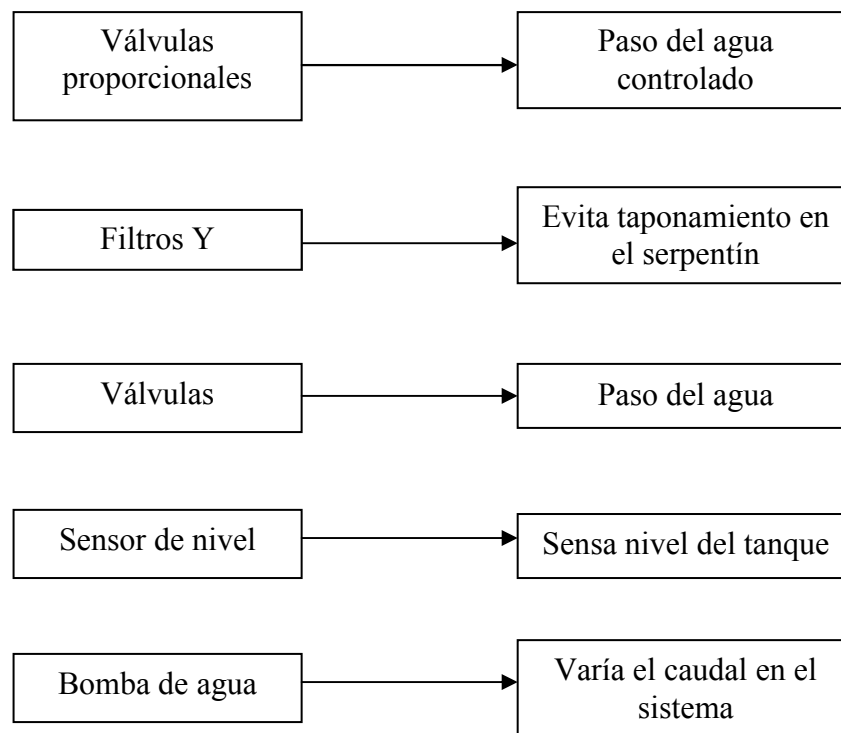
La topología se comunicará de forma verbal.

2. INGENIERÍA BÁSICA

2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

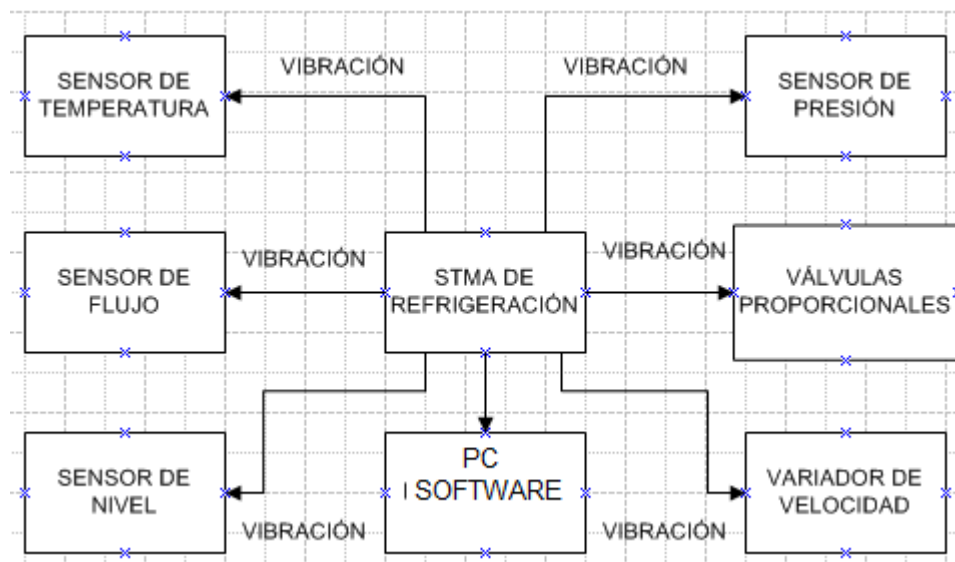
2.1.1 Arquitectura modular para el sistema de Refrigeración.





2.1.2 Interacciones incidentales.

Figura 17: Interacciones Incidentales



- PLANO 3D

Figura 19: Instalación del By - Pass, filtro Y, válvulas y bombas

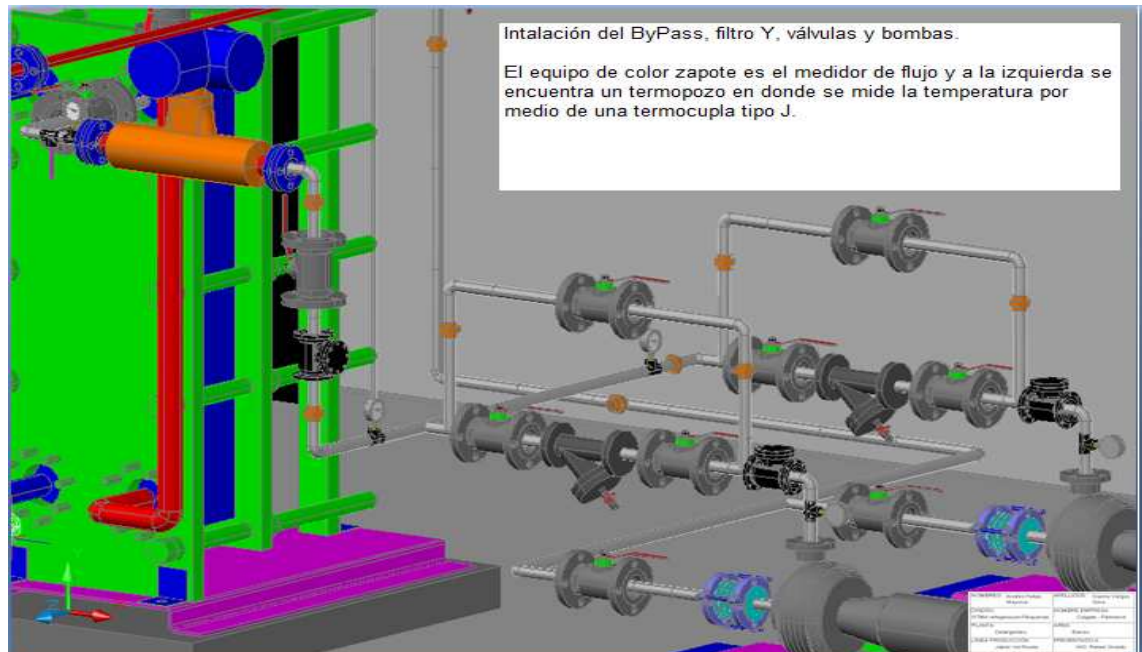


Figura 20: Tanque de suministro

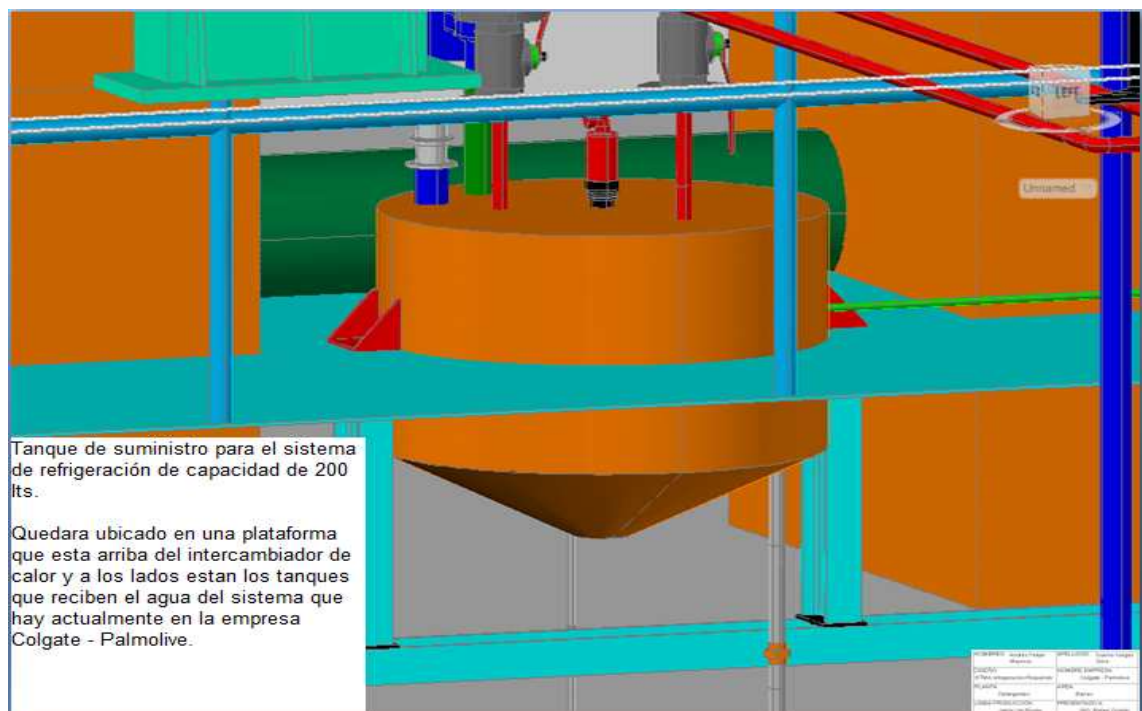


Figura 21: Intercambiador de calor

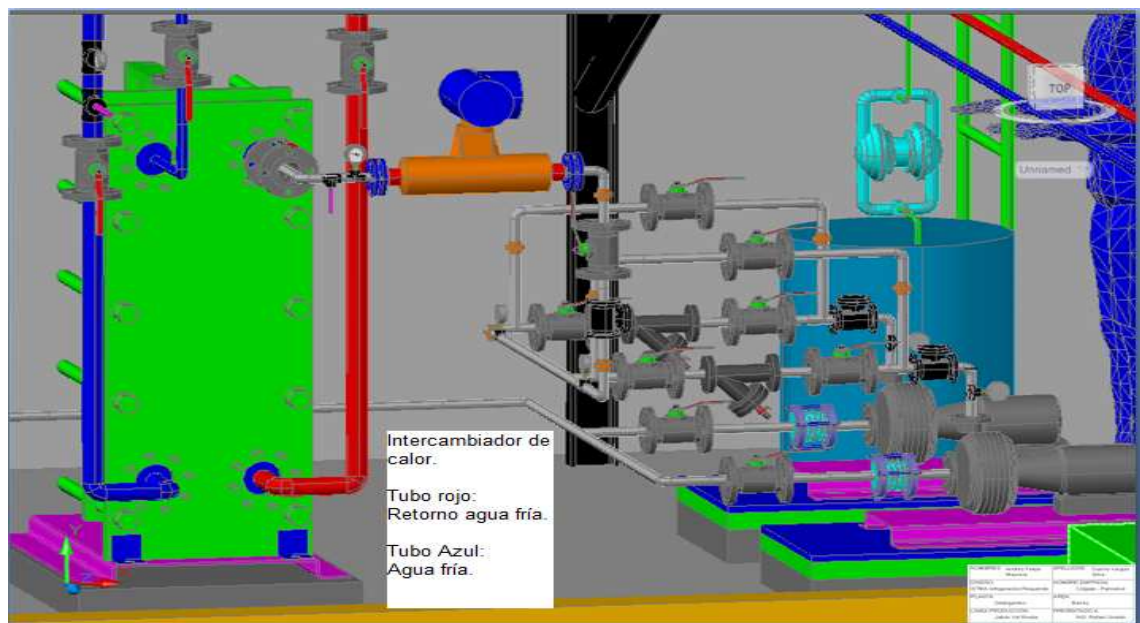


Figura 22: Conexión sistema de refrigeración

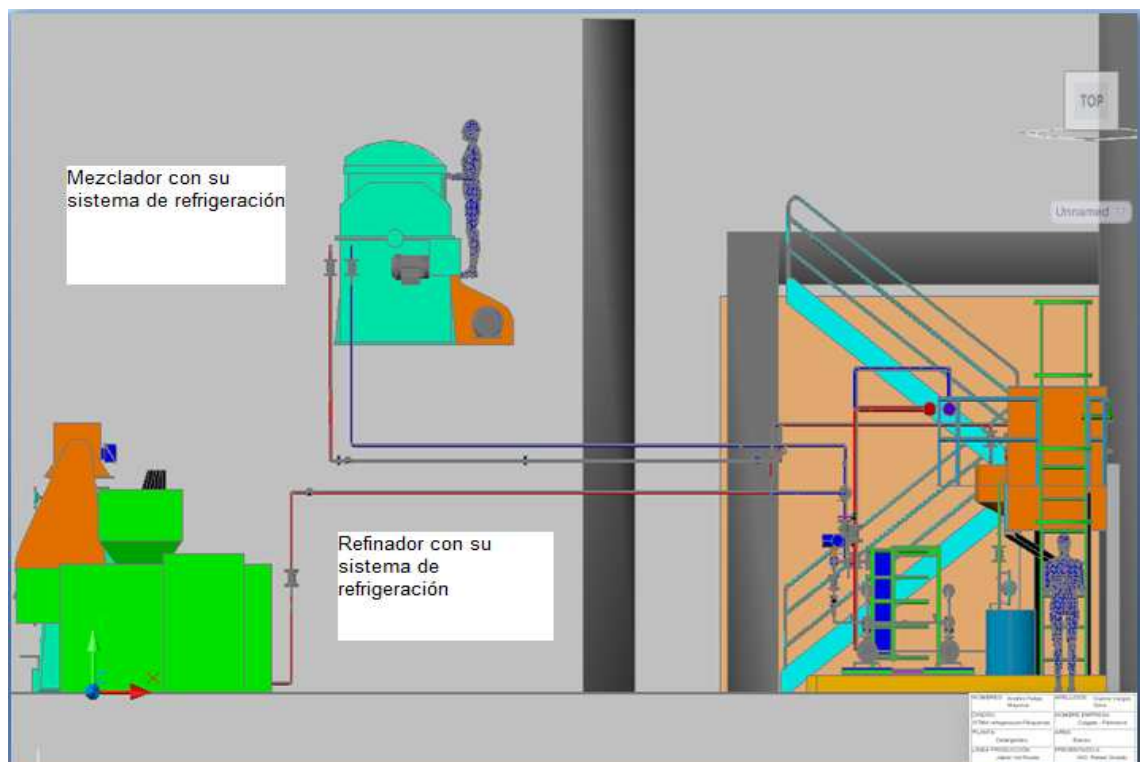


Figura 23: Vista superior tanque suministro

Tanque de suministro con su termopozo. La temperatura será medida con una Termocupla tipo J que estará incorporada en el termopozo y la temperatura en el tanque de suministro debe ser de 13°C.

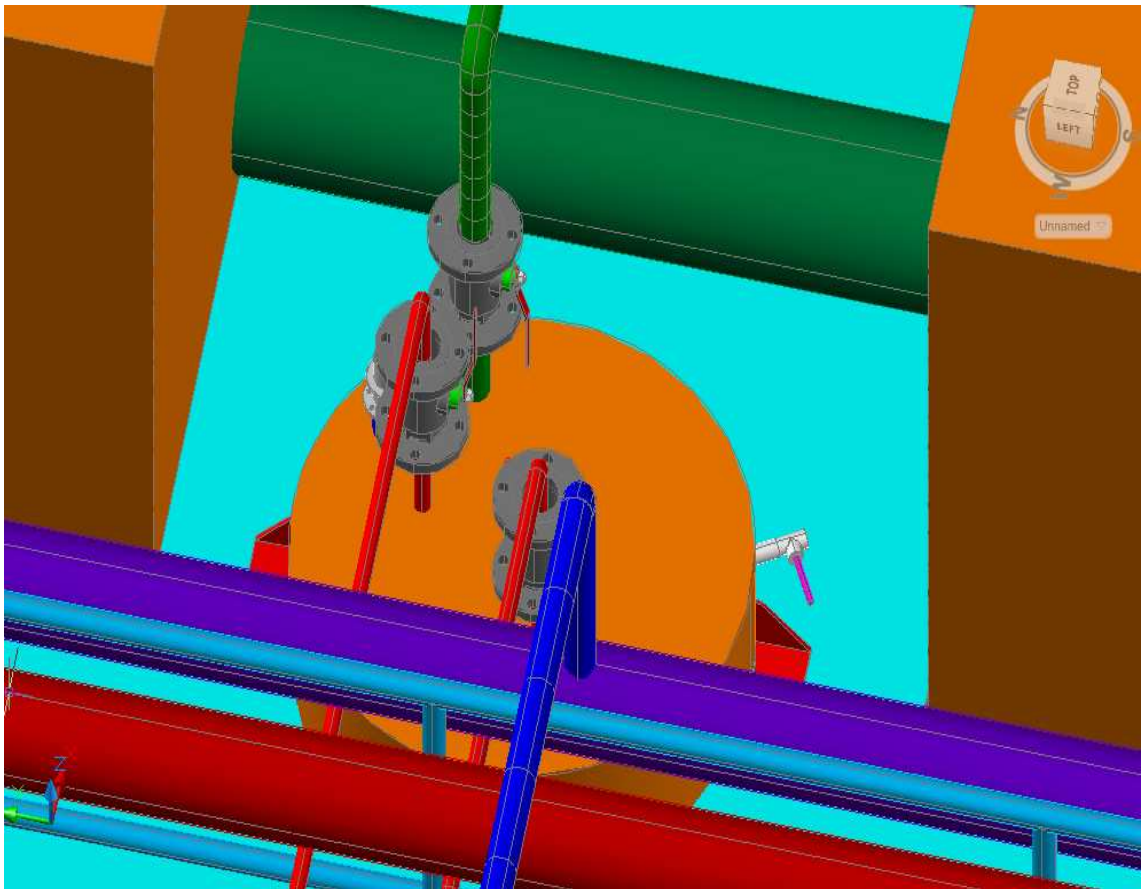


Figura 24: Válvulas neumáticas

Las válvulas neumáticas permitirán el paso del agua constantemente según el funcionamiento de control que se esté utilizando (Manual, Automático, Stop).

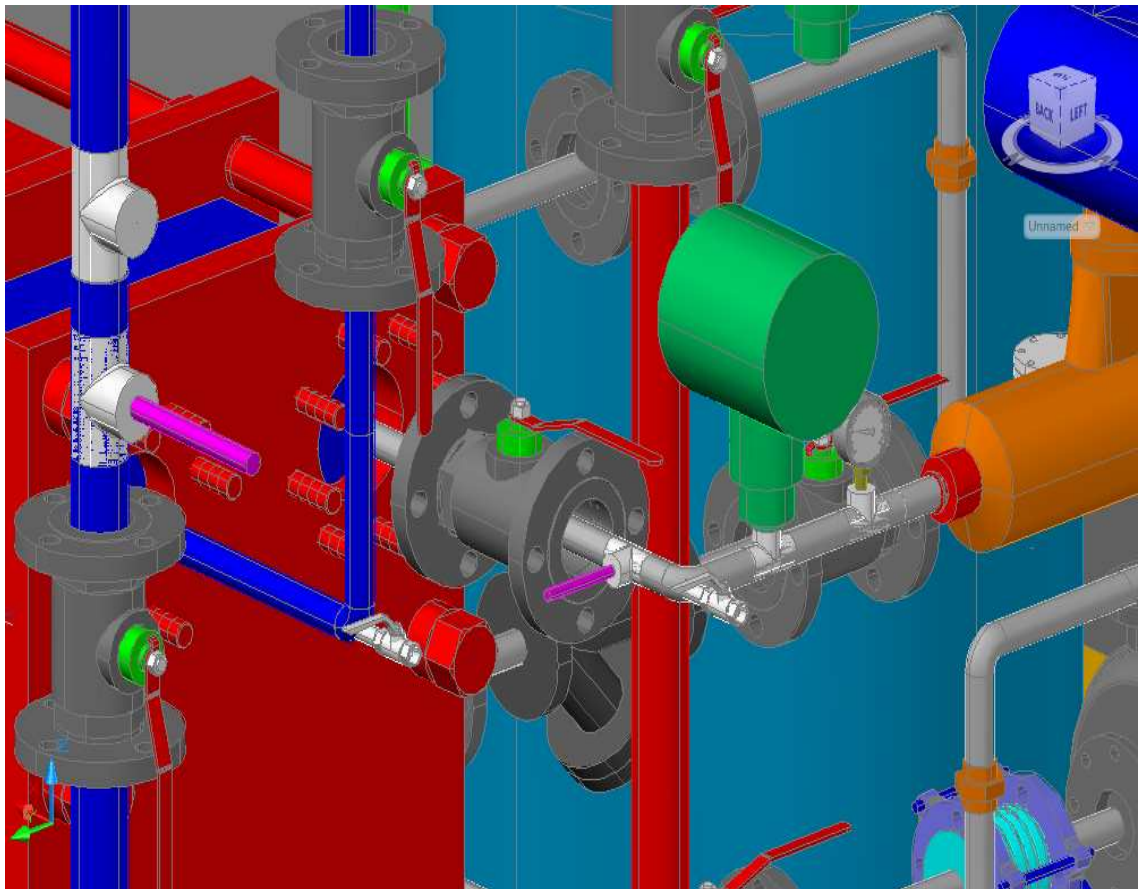


Figura 25: Sensores de presión

Los objetos verdes enumerados son los sensores de presión que se van a utilizar para el sistema de refrigeración, en puntos en donde la medida es importante para que todo el proceso funcione bien y las tuberías no vayan a colapsar por la presión del flujo de agua.

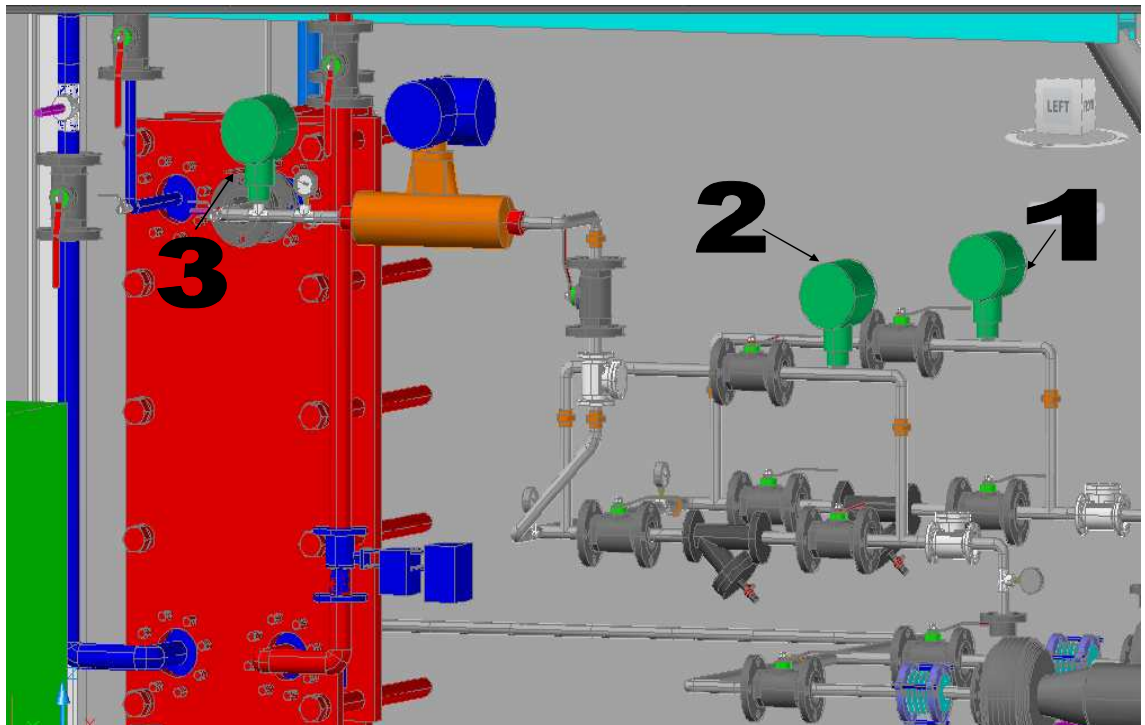


Figura 26: Bombas

Las bombas instaladas al sistema de refrigeración trabajaran cada semana independientemente para tener un mejor rendimiento y disminuir el mantenimiento. El objetivo de las bombas es dar al sistema una cantidad de flujo de agua de 96 GPM constantemente.

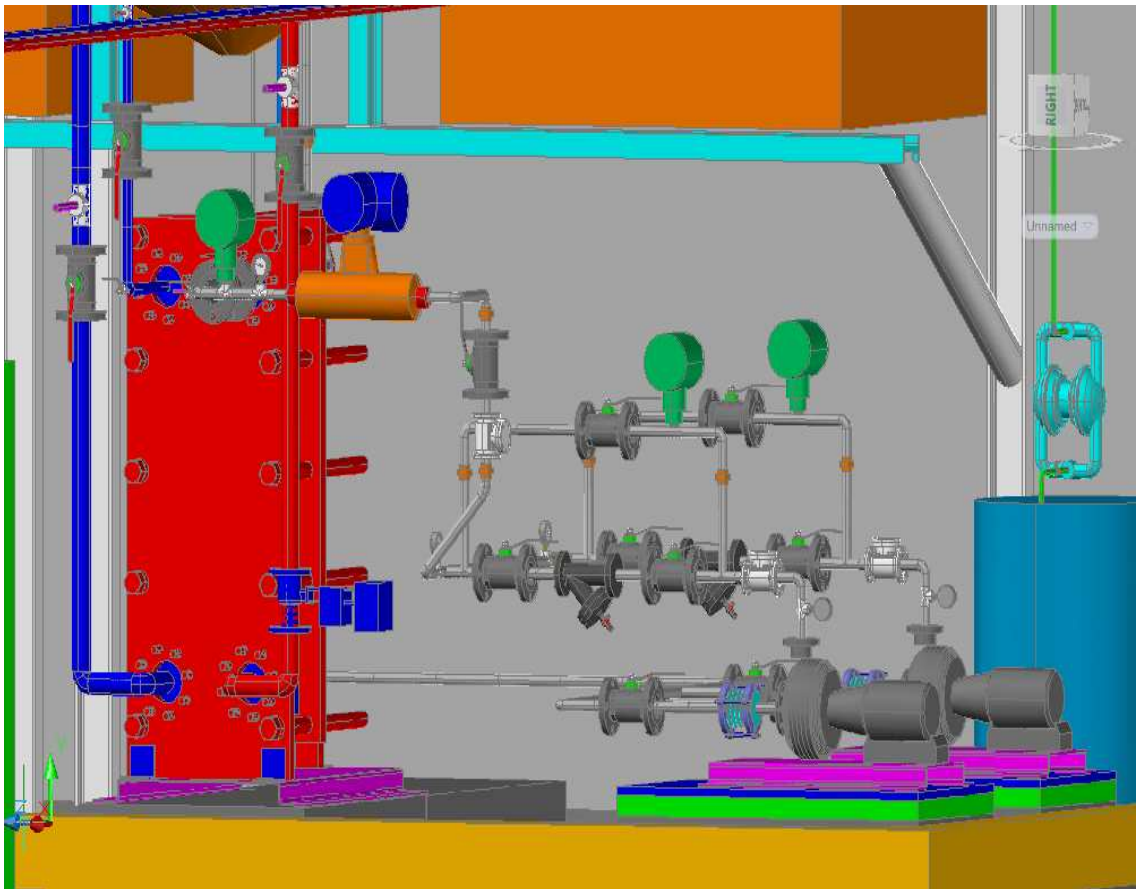


Figura 27: Válvula Proporcional

Las válvulas proporcionales ayudaran a graduar el flujo de agua que debe pasar por los equipos que dependen del sistema de refrigeración, para que la humedad del jabón sea la adecuada para todo el proceso, según la cantidad de agua necesitada por los equipos. En este caso el refinador necesita 10 TON de agua fría y el mezclador

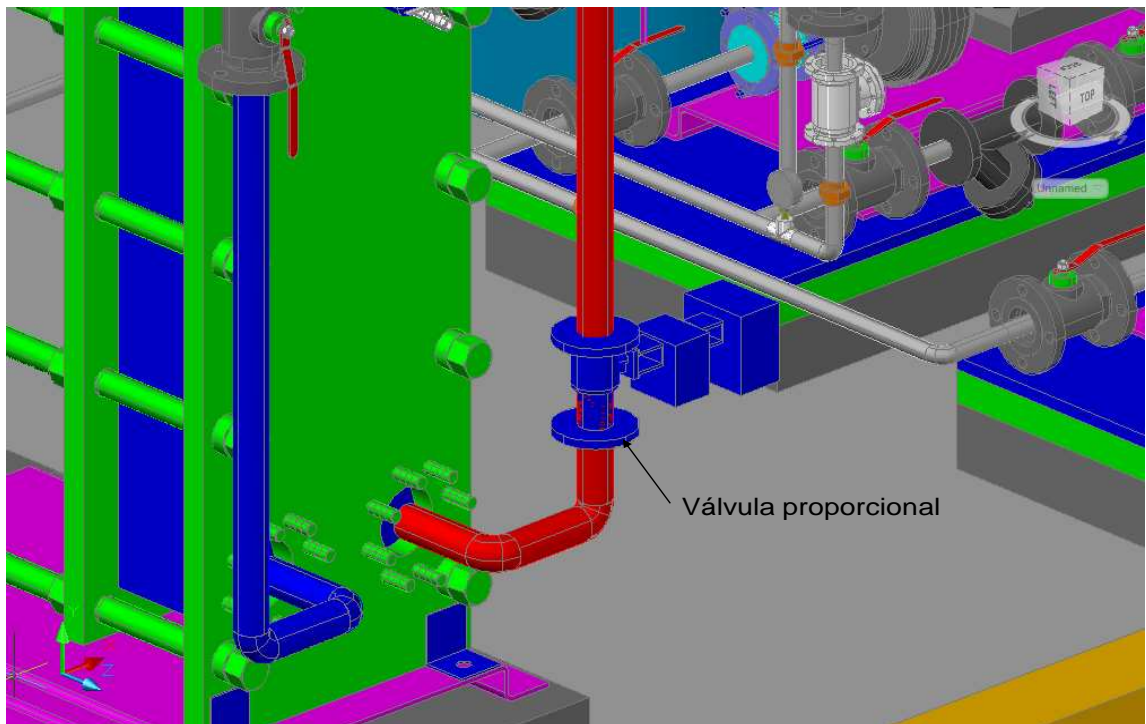
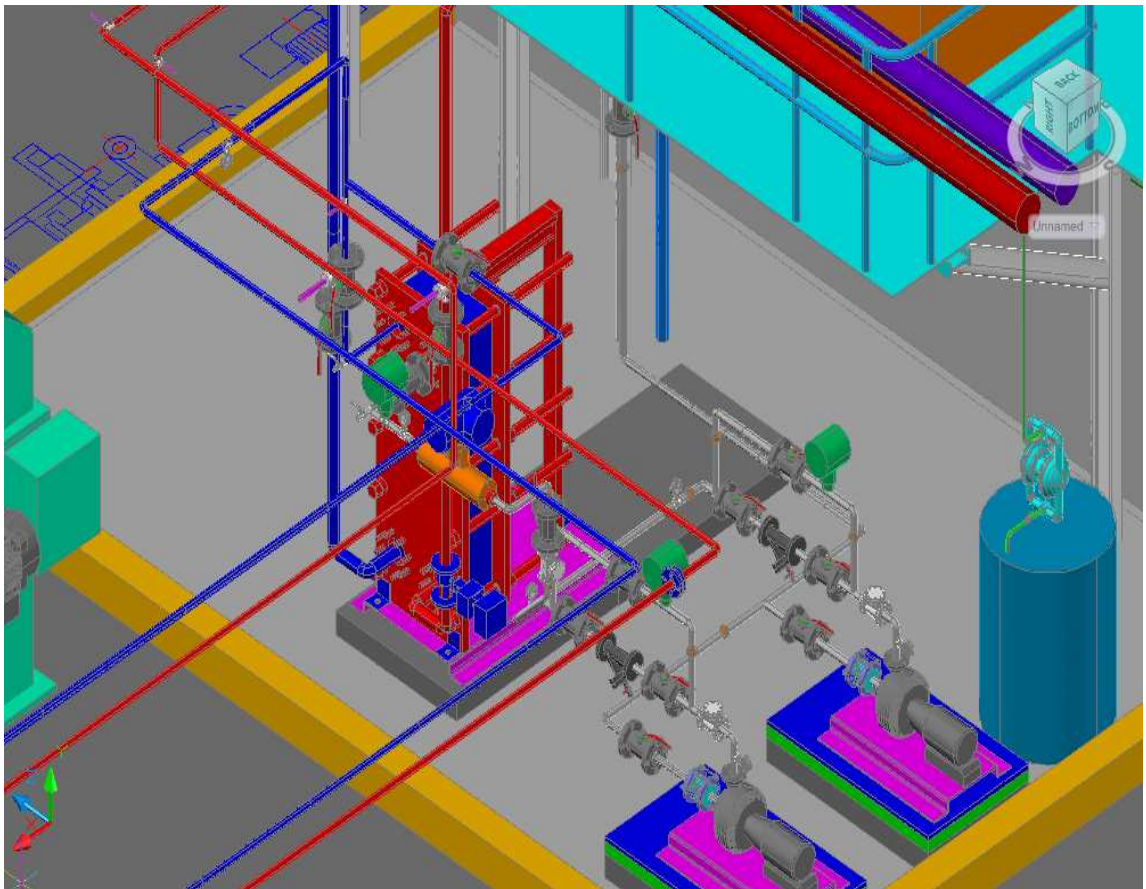


Figura 28: Tanque de limpieza y bomba dosificadora

El tanque de limpieza de color azul, introducirá un químico al sistema de refrigeración de forma manual para limpiar la tubería. La bomba dosificadora que está ubicada en la parte inferior del tanque de limpieza, servirá para suministrar este químico al sistema de refrigeración.



2.2 ARQUITECTURA DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS

Requisitos para el “Sistema de refrigeración”

- Software HMI
- Sensor de temperatura
- Modulo de red
- Medidor de flujo
- Sensor de temperatura
- Válvulas Proporcionales
- Bombas de agua
- Sensor de nivel

Especificaciones para el “Sistema de refrigeración”

- **Software HMI** = Muestra la información de las variables medibles, tendencias y los históricos del sistema de refrigeración.
- **Sensor de temperatura** = Información de la temperatura en varios puntos del sistema de refrigeración.
- **Sensor de presión** = Información de la presión en varios puntos del sistema de refrigeración.
- **Medidor de flujo** = Información de la cantidad de caudal de agua en el sistema de refrigeración.
- **Modulo de red** = Comunicación DH+.
- **Válvulas Proporcionales** = Permite el flujo del agua según lo requiera el sistema de refrigeración para los equipos que dependan de ellas.
- **Sensor de nivel** = Sensa el nivel del tanque de suministro por medio de dos varillas.
- **Bomba de agua:** Introduce el caudal adecuado para el sistema de refrigeración por medio de un variador de velocidad.

Autores del desarrollo de la instalación del sistema de refrigeración

- Andrés Felipe Guerra Vargas - Ingeniero Mecatrónico.
- Mauricio Silva - Dibujante de la empresa Colgate – Palmolive.

2.3 ESPECIFICACIÓN FINAL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

2.3.1 Especificaciones de los equipos para monitorear.

La lista de los equipos de control será mostrada en ingeniería detallada.

2.3.2 Dimensionamiento PLC.

Tabla 11: Dimensionamiento PLC

Cantidad	Nombre	Entrada	Salida	Tipo de Salida	Observaciones
6	Sensores de temperatura	Análoga		4_20 mA	Señal de temperatura
3	Válvulas proporcionales		Análoga	4_20 mA	Paso agua gradual
2	Bombas		Digital - Análoga	4_20 mA	Drives, Variador de velocidad
1	Sensor flujo			Profibus	Señal de flujo agua
5	Sensores de presión	Análoga		4_20 mA	Señal presión
1	Sensor nivel	Digital		Digital	Nivel tanque
1	Tarjeta comunicación PC			DH+	Conversión
1	RSlinks Gateway				Licencia comunicación

3. INGENIERÍA DETALLE

3.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

3.1.1 Especificaciones de los equipos para comprar según proveedor.

Ver Anexo B: Proveedores

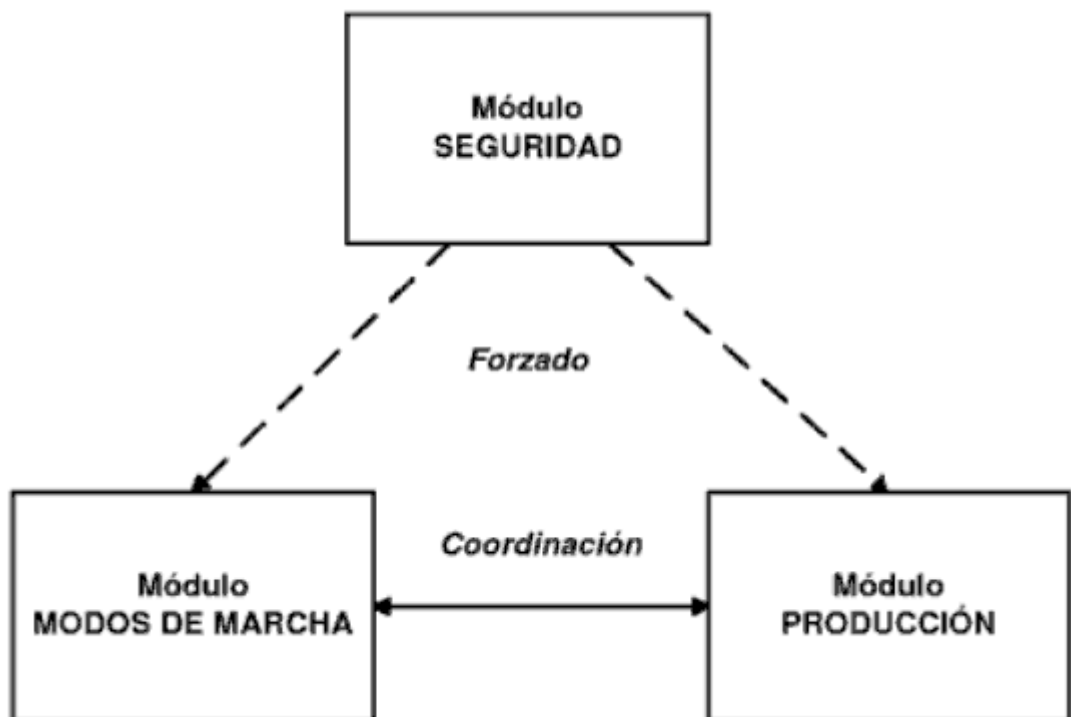
3.1.2 Control.

3.1.2.1 Nomenclatura variables.

Ver Anexo C: Nomenclatura variables

3.1.2.2 Grafcet.

Figura 29: Estructura modular

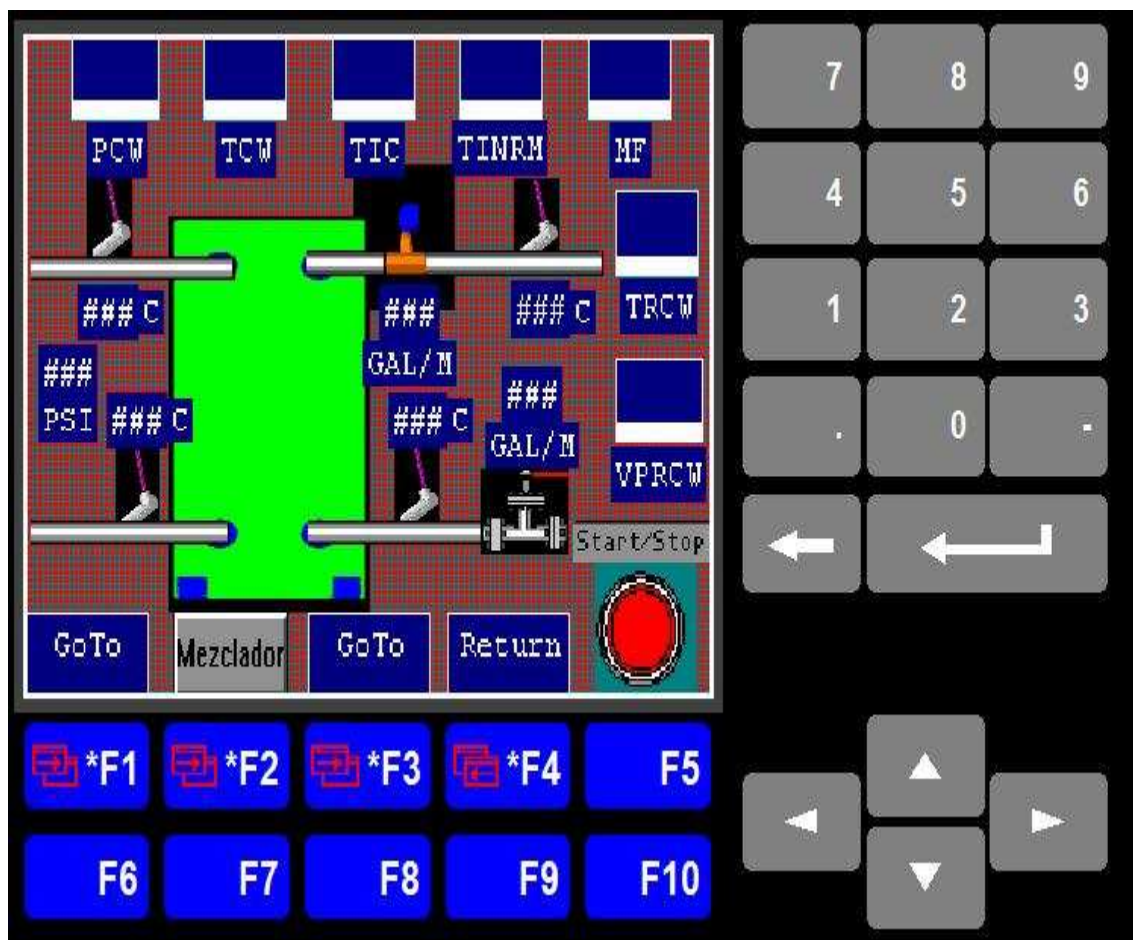


Ver Anexo D: Grafcet

3.1.2.3 Mímicos

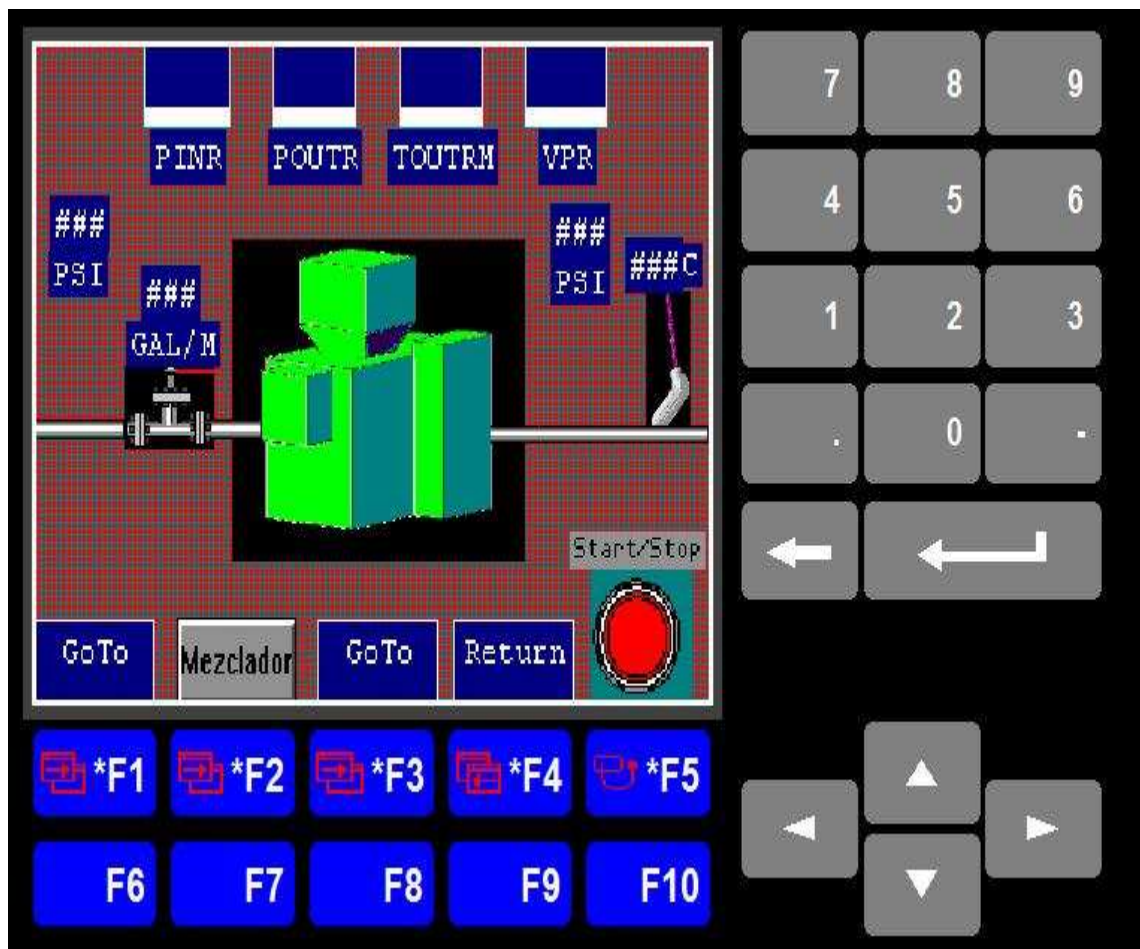
En este punto del proyecto se desarrollaran los mímicos con un software de monitoreo especializado, pero el programa llegará dentro de 3 meses (**01 – Febrero 2010**). En este caso se trabajará con el panelview existente para dar una idea de cómo quedarán los mímicos. Este panelview no tiene la capacidad de generar históricos del proceso pero si de mostrar tendencias diarias de los datos sensoriales del sistema de refrigeración (**29 – Noviembre - 2009**).

Figura 30: Intercambiador (Mímicos)



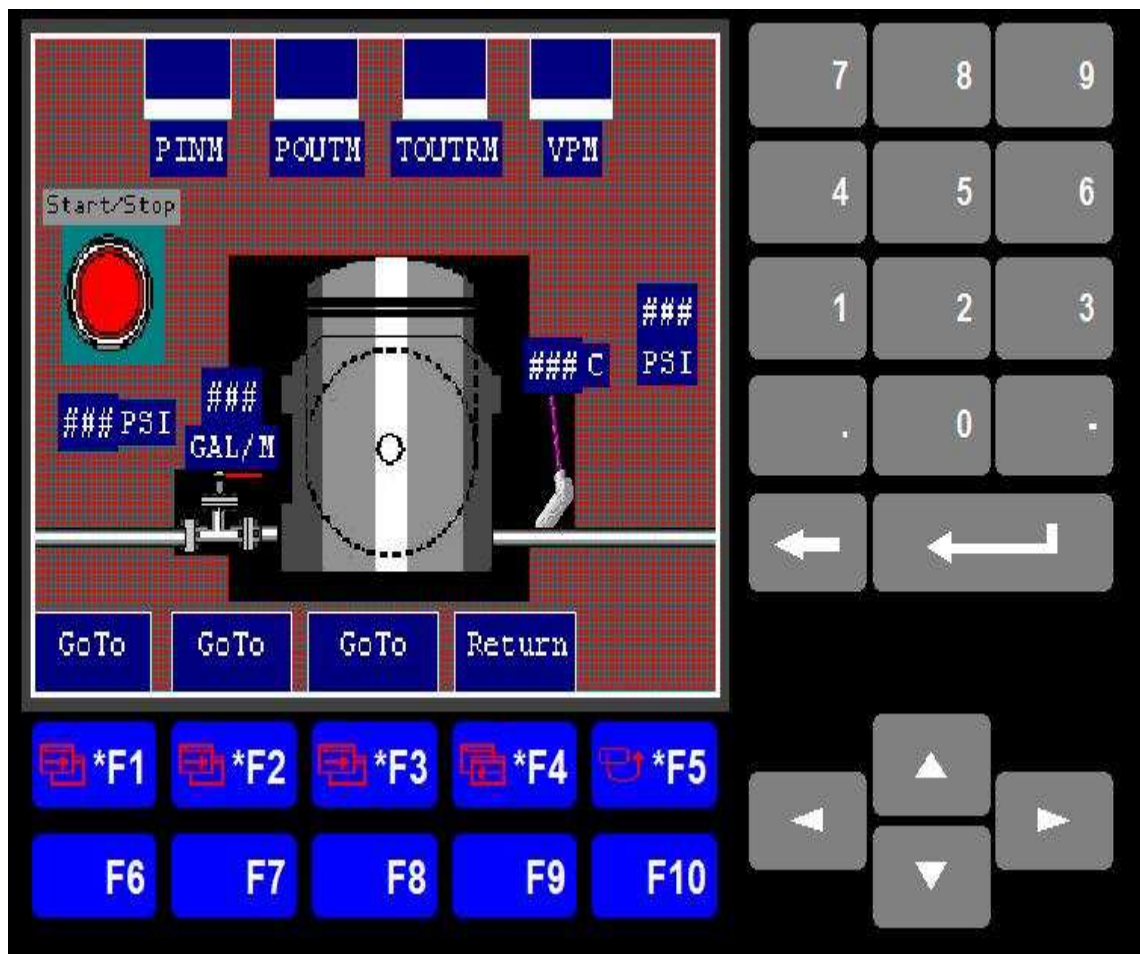
En la pantalla del Intercambiador se muestra el botón de encendido del equipo, los datos de las variables medibles por medio de los sensores y los espacios de las tendencias de los datos de los sensores por día. También los botones de retorno a cada una de las pantallas del sistema de refrigeración.

Figura 31: Refinador (Mímicos)



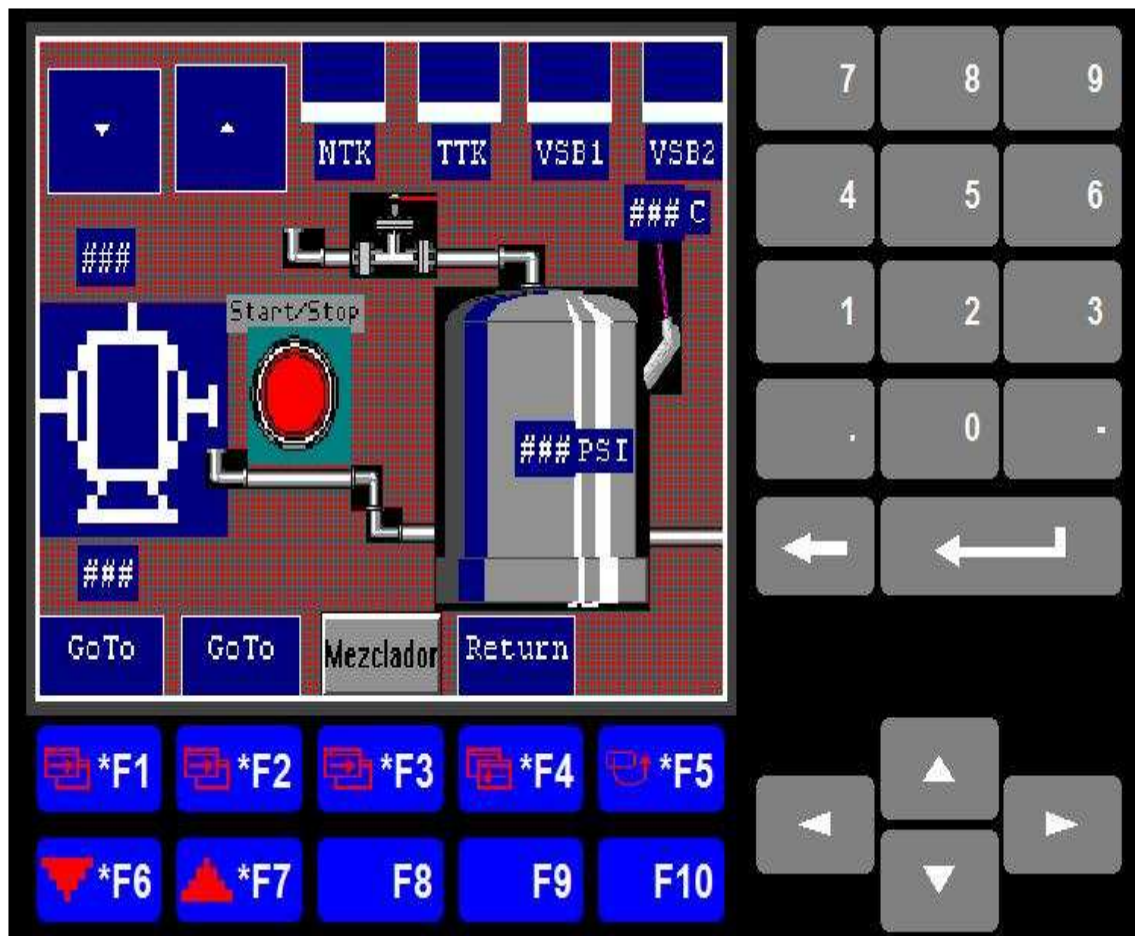
En la pantalla del Refinador se muestra el botón de encendido del equipo, los datos de las variables medibles por medio de los sensores y los espacios de las tendencias de los datos de los sensores por día. También los botones de retorno a cada una de las pantallas del sistema de refrigeración.

Figura 32: Mezclador (Mímicos)



En la pantalla del Mezclador se muestra el botón de encendido del equipo, los datos de las variables medibles por medio de los sensores y los espacios de las tendencias de los datos de los sensores por día. También los botones de retorno a cada una de las pantallas del sistema de refrigeración.

Figura 33: Tanque suministro y bombas (Mímicos)



En la pantalla del tanque de suministro y bombas se muestra el botón de encendido de las bombas, los datos de las variables medibles por medio de los sensores y los espacios de las tendencias de los datos de los sensores por día. También los botones para variar la velocidad de las bombas y los botones de retorno a cada una de las pantallas del sistema de refrigeración.

Figura 34: Alarmas (Mímicos)



En la pantalla de Alarmas se muestran las alarmas generales de todos los equipos sensoriales que dependen del sistema de refrigeración. También el botón de retorno a la pantalla del Intercambiador y un Reset para desactivar la alarma después de haberse verificado y resuelto el problema.

3.1.3 Detalle equipos.

Ver Anexo E: Dimensiones equipos de control

3.1.4 Diseño para manufactura.

3.1.4.1 Componentes.

Ver Anexo F: Costos equipos

3.1.4.2 Personales.

Tabla 12: Gastos generales

GASTOS	PERSONALES	UAO	COLGATE
Transporte	90.000		
Alimentación	150.000		
Internet	20.000		
Equipos control			103.642.000
Impresiones	5.000		
Director Proyecto		659.200	
Ingeniero Mecatrónico	1.500.000		
Ingeniero Pasante			2.985.000
TOTAL	1.765.000	659.200	106.627.000

- **Director del Anteproyecto**

\$ 41.200 x 16 Horas = 659.200

- **Colgate**

\$ 497.500 x 6 Meses = 2.985.000

3.2 DISEÑO PARA MANTENIMIENTO

Se espera que los costos de mantenimiento estén alrededor del 5 % del costo total del sistema. Colgate estará encargada del servicio de inspección, mejorá, detención de falla y limpieza del sistema de refrigeración. Se tienen en cuenta los siguientes mantenimientos:

3.2.1 Mantenimiento correctivo.

Colgate capacitará a un grupo de trabajadores para la reparación de las posibles fallas inesperadas que se puedan presentar, esto ayudaría a tener personal disponible y capacitado para resolver las fallas lo más pronto posible. Cualquier tiempo que se pierda en la reparación afectaría el funcionamiento de todo el sistema de refrigeración.

3.2.2 Mantenimiento predictivo.

Este tipo de mantenimiento se le realiza a los equipos de control, en donde los ingenieros de mantenimiento de Colgate harían una inspección con equipos especializados para saber si la información que está generando es la correcta. Esto deberá realizarse cada mes sin necesidad de detener el funcionamiento del sistema de refrigeración y evitaría que suceda una falla futura y se pueda detectar a tiempo.

3.2.3 Mantenimiento preventivo.

A continuación se enumeran algunas de las actividades de mantenimiento que Colgate deberá tener en cuenta para un excelente funcionamiento del sistema de refrigeración:

- Limpiar cada 7 días los equipos de control que interactúa con el usuario, para evitar que el polvo y otras partículas se vayan hacia el interior del dispositivo e impidan la movilidad de las teclas al ser presionadas, esto alteraría el correcto funcionamiento del dispositivo. Este tipo de mantenimiento incluye limpiar en sus alrededores cada uno de los botones que conforman o constituyen los equipos.
- Limpiar el computador cada 7 días, para poder evitar que el polvo y otras partículas presentes en el ambiente dificulten la correcta visualización de la información y dañen el equipo en su interior.
- Inspeccionar cada mes la conexión de los equipos al PLC, para asegurarse de su perfecto estado porque si se llega a generar alguna falla se dañaría toda la comunicación ocasionando información incorrecta o nula.
- Inspeccionar cada tres meses el funcionamiento del computador porque es muy importante para el buen funcionamiento de todo el sistema de información de los datos sensoriales del sistema de refrigeración.
- Inspeccionar cada 15 días el sistema de refrigeración en general para notificar si está funcionando correctamente.

3.2.4 Mantenimiento autónomo.

- Limpiar el computador que interactúa con el usuario, al igual que los equipos de control, para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración.

- Todos los días realizar un inventario de los equipos, así se detectaría a tiempo si se llegan a dañar, y puedan ser reparados a tiempo, con el fin de asegurar el buen funcionamiento de los equipos de control.

3.3 DISEÑO PARA EHS

3.3.1 EHS (“Environment, Health – Hygiene, Safety”).

HOMBRE

- Conocer de computadores.
- Conocer de equipos de control (Termocuplas, Presión, etc).
- Conocer el funcionamiento de los PLC's.
- Manejar el software especializado para crear históricos y tendencias.

FUENTE

- Los sistemas electrónicos están protegidos y su diseño es organizado en cables y ubicación.

MEDIO

- Se encuentra en un entorno donde puede haber ruido, filtración de agua y tránsito de personas.

3.3.2 Análisis de los riesgos.

Los riesgos que pueden existir para el sistema de refrigeración son:

- Filtración del agua.
- Golpes ocasionados por las personas.
- Golpes por traslado de equipos.

3.3.3 Evaluación de los riesgos.

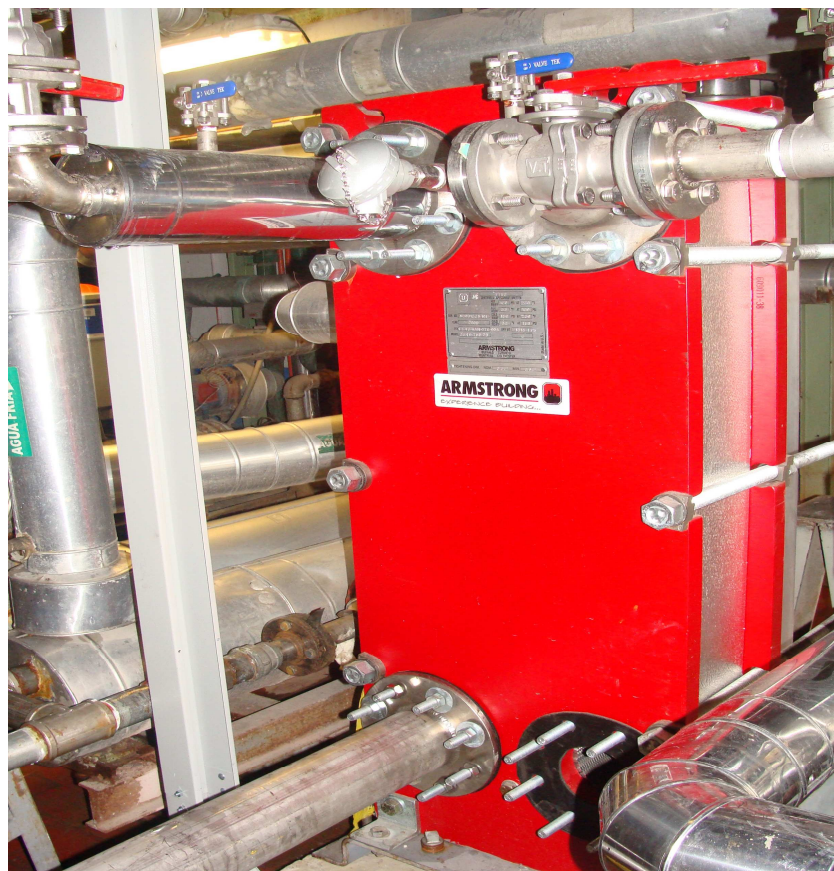
- El riesgo tolerable es la filtración de agua.
- Los riesgos no tolerables, son los golpes que pueden ser producidos por el traslado de equipos o por golpes ocasionados por las personas.

3.4 INSTALACIÓN REAL SISTEMA REFRIGERACIÓN

En este punto del proyecto se mostrará la instalación del nuevo sistema de refrigeración para la línea de producción de jabón Vel Rosita.

Figura 35: Intercambiador de calor

En la figura 35 se muestra la conexión del intercambiador de calor al sistema de refrigeración en donde se pueden ver algunos de los sensores que monitorearán el proceso de circulación del agua.

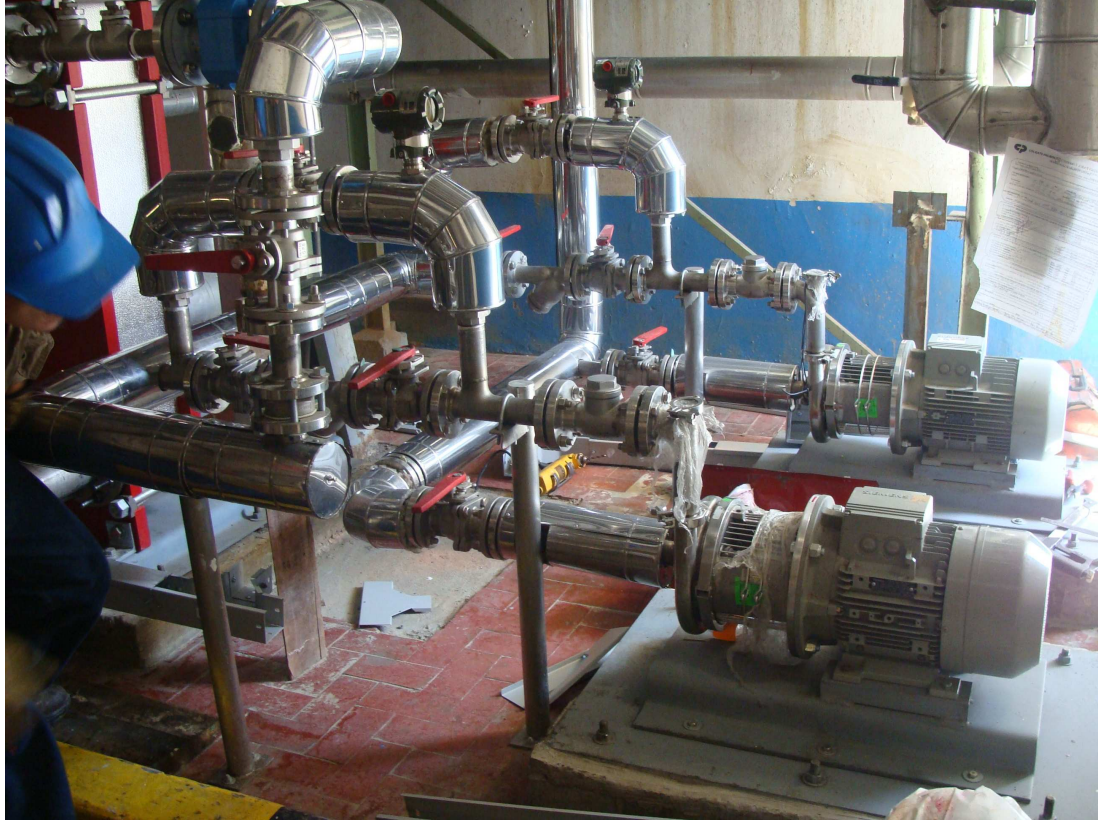


Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

Figura 36: By- Pass proceso

El By – Pass en el proceso del sistema de refrigeración sirve para dar paso del agua por otro camino cuando se esté haciendo mantenimiento a los equipos de control o limpieza a la tubería. Se instalaron dos By – Pass para tener un proceso más seguro y eficiente, porque al tener dos bombas y dos caminos, se puede mantener el sistema de refrigeración trabajando todo el tiempo ya que al dañarse la bomba que este de turno, la otra bomba por medio del control

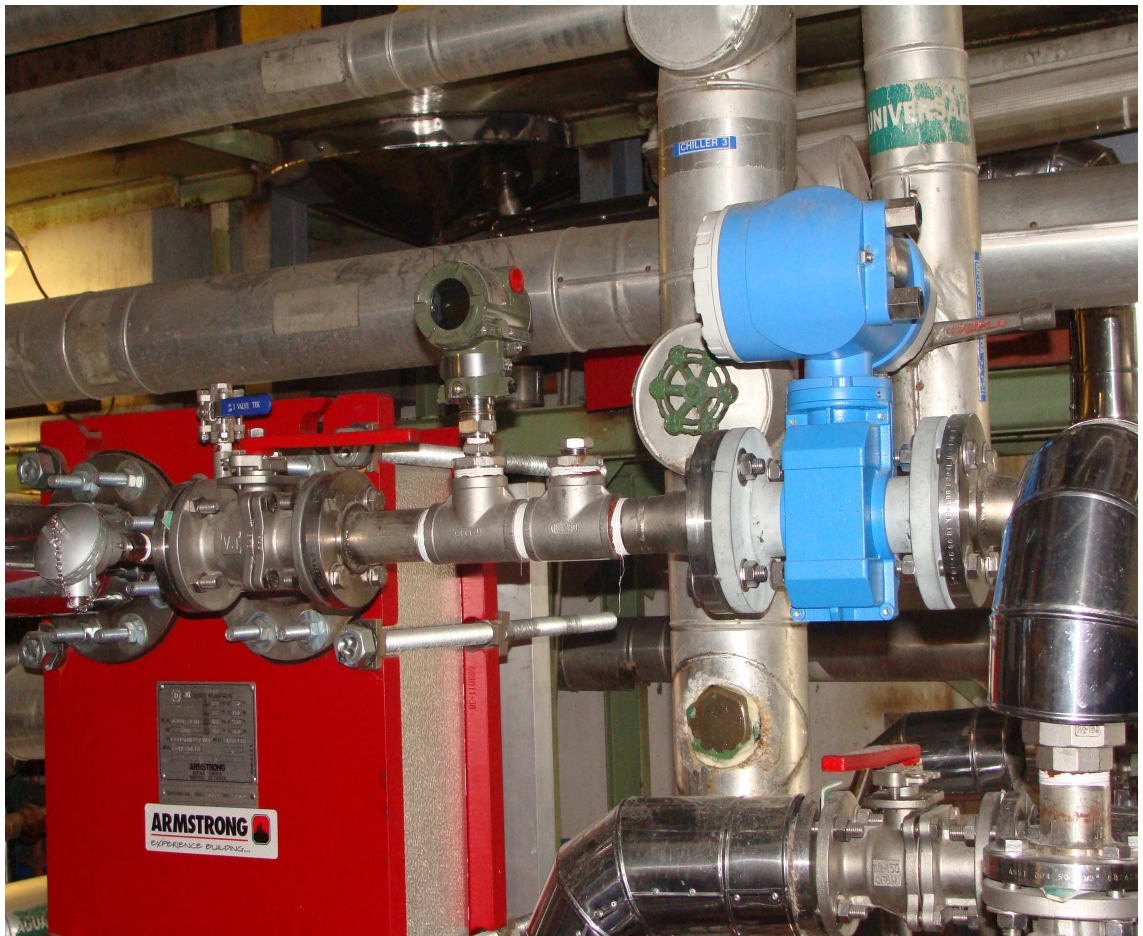
realizado se encenderá y introducirá el agua del sistema por otro camino sin perder tiempo y calidad en la humedad del jabón.



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

Figura 37: Sensores

En la figura 37 se muestra un ejemplo de los sensores que fueron instalados en el sistema de refrigeración, en este caso el sensor de presión que es de color verde. También se encuentra un termopozo que dentro de él se encuentra una Termocupla tipo J que es el sensor de temperatura y el sensor de color azul es el medidor de flujo y su función es monitorear si el flujo en el sistema es el adecuado. Estos sensores tienen como objetivo monitorear todas las condiciones del sistema para su perfecto funcionamiento y lo más importante es para que el jabón Vel Rosita este recibiendo la humedad adecuado según el proceso de enfriamiento que deben tener los equipos que dependen del sistema de refrigeración.



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

Figura 38: Sistema refrigeración refinador

En la figura 38 se muestra la conexión del refinador al sistema de refrigeración que es uno de los equipos que dependen de la humedad del jabón Vel Rosita. El funcionamiento del refinador es de extrusar el jabón y para su refrigeramiento contiene una chaqueta ubicada dentro del túnel en donde está el tornillo sin - fin.



Fuente: COLGATE – PALMOLIVE. Planta de detergentes. Cali, 2009.

Ver Anexo G: Imágenes de la instalación del sistema de refrigeración

CONCLUSIONES

Debido a que las instalaciones de la planta de detergentes no son modernas, se escogieron los equipos de medición acorde a la capacidad de control que tiene la planta, en este caso los equipos sensoriales tienen un tipo de salida en sus mecanismo de control de 4 – 20 mA, profibus y DH+. También se colocó un nuevo PLC contiguo al sistema de refrigeración para que el cableado no fuera costoso, todo quedará integrado en un solo punto y lo más importante, que la comunicación con la línea fuera más fácil. Aprovechando el nuevo PLC se logra que el control sea más organizado y en caso de falla se pueda solucionar rápidamente.

Se tuvieron en cuenta cuatro alternativas para el tipo de comunicación que podrían tener los equipos en el proceso de diseño del sistema de refrigeración. Esto con el fin de que al escoger los equipos sensoriales fueran los más exactos, económicos y primordialmente se ajustaran a los requerimientos técnicos de la planta como del proyecto.

Al tener un software de monitoreo se puede conocer en detalle que pasa en el sistema de refrigeración. Al crear históricos se tiene información precisa ya que cuenta con una base de datos que guarda las alarmas, todas las lecturas de los equipos sensoriales y muestra gráficas del comportamiento que tiene día a día el sistema. Esto es primordial porque al tener una base de datos se puede mejorar la calidad del producto conociendo los resultados por cada lote de producción y también sirve para que cuando un lote no cumpla con la calidad del jabón, se pueda parar el proceso y poder recuperar por lo menos un tiempo moderado de un proceso de producción normal.

Al diseñar el esquema de la instalación del sistema de refrigeración por un sistema de recirculación cerrado de agua, se logra que los equipos que dependan del sistema de refrigeración canalicen mejor el flujo y sea constante. Esto se hace beneficioso para la planta porque representará un ahorro de agua y mejorará la calidad del producto. También sirve para que no se introduzcan contaminantes en el agua, el proceso sea limpio y no se vayan a presentar condiciones inseguras en la línea de producción de jabón Vel Rosita.

Al realizar un cronograma para llevar a cabo el proceso de ejecución del proyecto se logra que todo sea organizado y se lleven paso a paso los ítems y objetivos propuestos para el desarrollo del sistema de refrigeración. También al proporcionar un listado de los materiales y de los equipos de control se logra conocer los presupuestos diferenciados por cada proveedor y la capacidad

económica de la empresa para la compra y desarrollo del proyecto según con el cronograma establecido y de los objetivos planteados.

BIBLIOGRAFÍA

Automatización de procesos mediante la guía Gemma [En línea]. Barcelona: Ramon Vilanoba Arbós, 2005. [Consultado 30 de Noviembre de 2009]. Disponible en internet: http://books.google.com.co/books?id=7B2OuLPnQwcC&pg=PT56&lpg=PT56&dq=ejemplos+guia+gemma+con+gracet&source=bl&ots=yPcGMDEv3V&sig=o-Va3hzg9x2LpMutM0cfxdQuKtc&hl=es&ei=iWlpS8TQDtS0tgfP3fnbCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CBAQ6AEwAg#v=onepage&q=&f=false.

Colgate – Palmolive. Planta detergentes. Área de barras: Cali. 2009.

CREUS Sole, Antonio. Instrumentación industrial. 6 ed. Barcelona: Marcombo. 1997. 91 p.

Curso aplicación del PLC en la automatización de procesos industriales [En línea]. Medellín: Sena virtual, 2009: [Consultado 08 de Agosto de 2009]. Disponible en internet: <http://www.senavirtual.edu.co/>.

División de Automatización y Control [En línea]: Tecpro ingenieros. [Consultado 20 de Noviembre de 2009]. Disponible en internet: <http://www.scribd.com/doc/7823723/Division-de-Automatizacion-y-Control>.

FISHER Control. Control valve handbook. 3 ed. Marshalltown: Emerson process management. 2001. 75 p.

GREENE, Richard W. Válvulas: selección, uso y mantenimiento. México D.F: M_cGraw – Hill. 2000. 7 p.

KENNET J y el cuerpo de redactores de Chemical. Bombas: Selección, uso y mantenimiento. México D.F: M_cGraw – Hill. 1998. 44 p.

LEVENSPIEL, O. Flujo de fluidos e intercambio de calor. Barcelona: Reverté S.A. 1993. 237 p.

Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistema de bombeo [En línea]: Sistemas hidroneumáticos C.A: [Consultado 10 de Octubre de 2009]. Disponible en internet: www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf.

MENDIBURU Díaz, Henry Antonio. Instrumentación virtual industrial. Perú: Indecopi. 2006. 25 p.

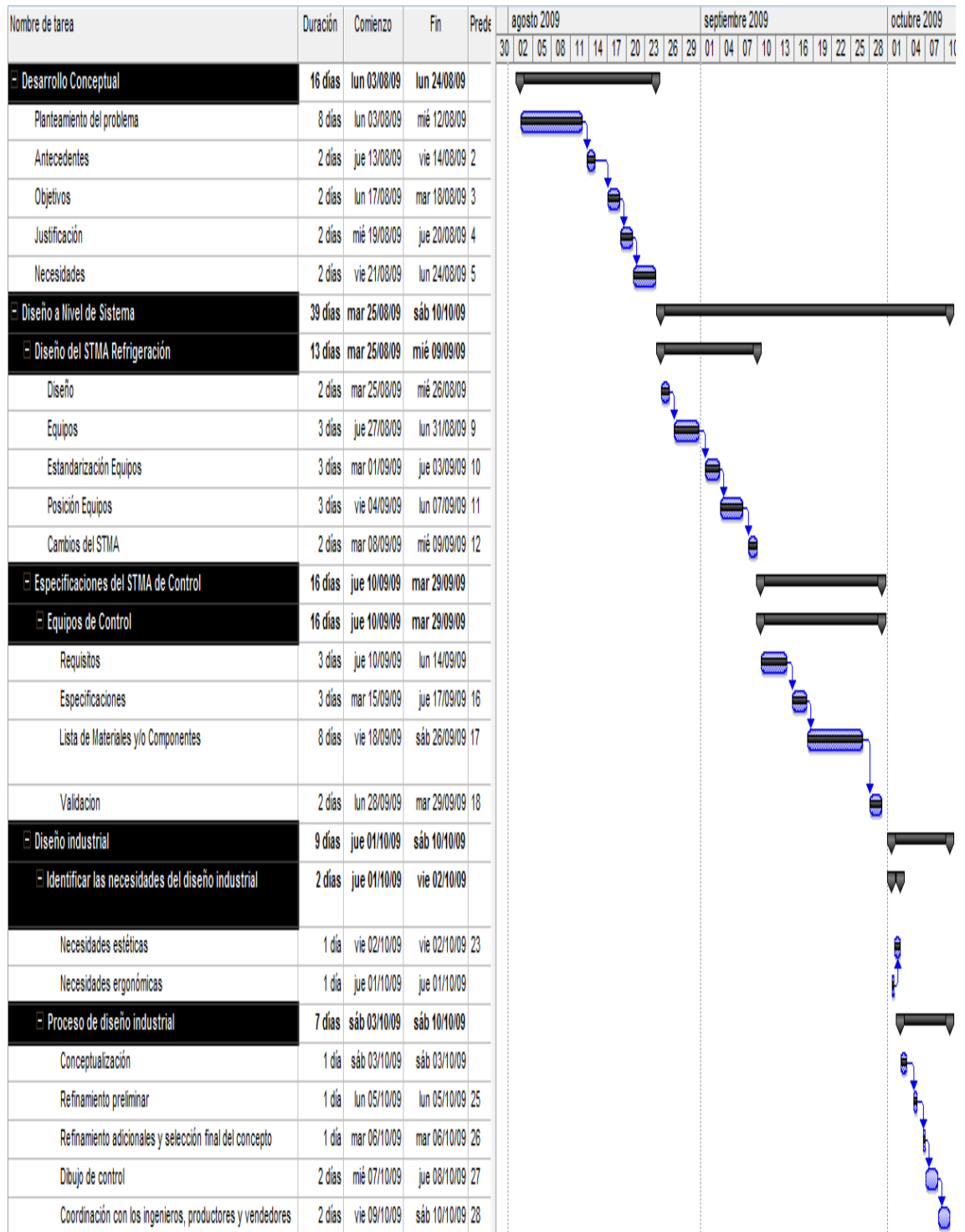
NORTON, Robert L. Diseño de máquinas. 1 ed. México D.F: Pearson educación. 1999. 69 p.

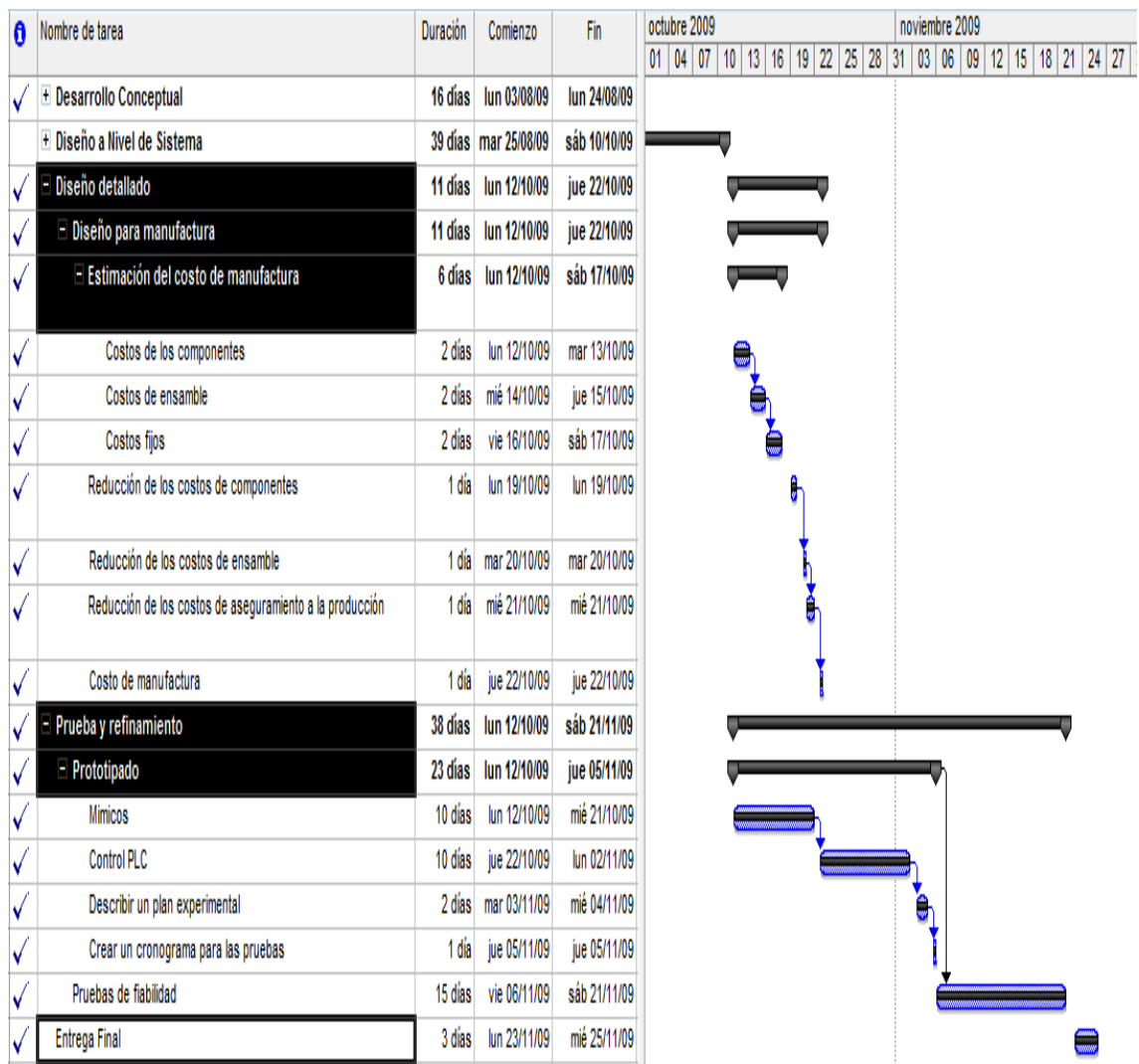
SERVIPARAMO. Suministro y instalación del sistema de refrigeración por agua fría para el proceso de jabón Vel Rosita. Cali, 2009.

WALAS, Stanley M. Chemical process equipment, Selection and design. Kansas: Butterworth – Heinemann series in chemical engineering, Department of chemical and petroleum engineering, University of Kansas. 1990. 39 p.

ANEXO

Anexo A: Cronograma





Anexo B: Proveedores

DIEGO VALLEJO

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	2	VARIADOR DE VELOCIDAD	DANFOSS FC301 15 HP 440 VAC CON DISPLAY GRAFICO	DANFOSS	DIEGO VALLEJO	BOMBAS
2	3	VALVULAS DE CONTROL BRAY EN ACERO INOX 2" CON POSICIONADOR I/P	SERIES 6A I/P POSITIONER	BRAY	DIEGO VALLEJO	VÁLVULAS PROPORCIONALES

MELEXA

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	5	INTERRUPTOR DE PRESION DE ESTADO SOLIDO CON SALIDA ANALOGICA DE 4-20ma 1/4" NPT DE 0 A 150 PSI	836E-DC1EN1D4	ALLEN BRADLEY O EQUIVALENCIAS	MELEXA	PRESIÓN
2	5	CABLE CON CONECTOR	889D-R4AC-2	ALLEN BRADLEY	MELEXA	
3	1	TARJETA DE 16 ENTRADAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504	TARJETA DE 16 ENTRADAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504 1746-NI16I	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC
4	1	TARJETA DE 16 ENTRADAS DIGITALES PARA PLC SLC 504	TARJETA DE 16 ENTRADAS DIGITALES PARA PLC SLC 504 1746-IA16	ALLEN BRADLEY	MELEXA	
5	1	TARJETA DE 16 SALIDAS DIGITALES PARA PLC SLC 504 1746-OA16	TARJETA DE 16 SALIDAS DIGITALES PARA PLC SLC 504 1746-OA16	ALLEN BRADLEY	MELEXA	
6	1	TARJETA DE 16 SALIDAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504 1746-NO8I	TARJETA DE 16 SALIDAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504 1746-NO8I	ALLEN BRADLEY	MELEXA	
7	1	VARILLA DE 1/4" * 4 METROS INOX	VARILLA DE 1/4" * 4 METROS INOX	ALLEN BRADLEY	MELEXA	NIVEL
8	1	RSLINKS GATEWAY	LICENCIA RSLINKS GATEWAY	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC
9	2	INTERFACE ETHERNET	1761-NET-ENI	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC TO PLC REFINADOR
10	1	Tarjeta de conversión DH+	1784 - U2DHP DH+ Allen B	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC TO PC

ELECTRÓNICA DE POTENCIA

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	7	TERMOCUPLA Y TERMOPOZO	Termocupla tipo J watlow bulbo de ¼" * 2" de largo en inox 3/16" Contacto directo con el fluido para rosca 1/2" con termopozo tubo de ½" en inox 3/16" rosca 1/2" y conexión al proceso de ¾" npt con Trasmisor aislado INHOR referencia IPAQH70IPH00001-001 cabezote para trasmisor	WATLOW	ELECTRONICA DE POTENCIA	TEMPERATURA

COLSEIN

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	1	WONDERWARE 01-2332 InTouch Runtime 1K Tag with I/O, v10.1	WONDERWARE 01-2332 InTouch Runtime 1K Tag with I/O, v10.1	WONDERWARE	COLSEIN	SOFTWARE
2	1	WONDERWARE 10-7001 Wonderware Customer First - Standard Level	WONDERWARE	WONDERWARE	COLSEIN	
3	1	ELECTROMAGNETIC FLOWMETER 120 GALONES POR MINUTO	PROMAG 50W/50, DN50 2" PROFIBUS DP	ENDRESS+HAUSSER	COLSEIN	MEDIDOR DE FLUJO

DESCONOCIDO

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	1	CONTROL DE NIVEL	lovato lvm30	LOVATO		NIVEL

ESPECTRA

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	1	CONCENTRADOR DE RED DE 8 PUERTOS	3 COMM	3 COM	ESPECTRA	PLC TO PLC REFINADOR

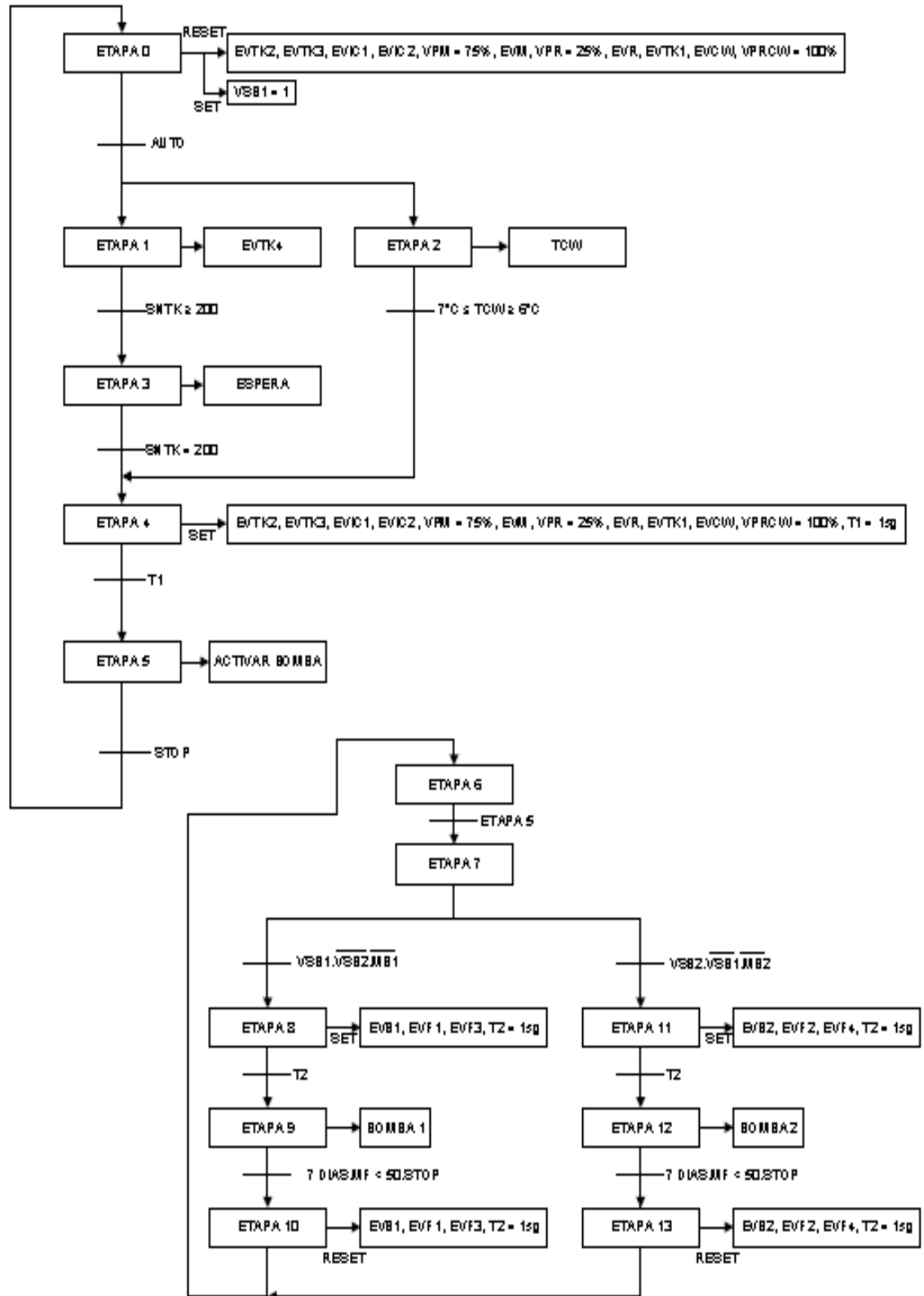
YOKOGAWA

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA						
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	5	INTERRUPTOR DE PRESION DE ESTADO SOLIDO CON SALIDA ANALOGICA DE 4-20ma 1/4" NPT DE 0 A 150 PSI		YOKOGAWA	YOKOGAWA	PRESIÓN
2	5	CABLE CON CONECTOR		YOKOGAWA	YOKOGAWA	

Anexo C: Nomenclatura variables

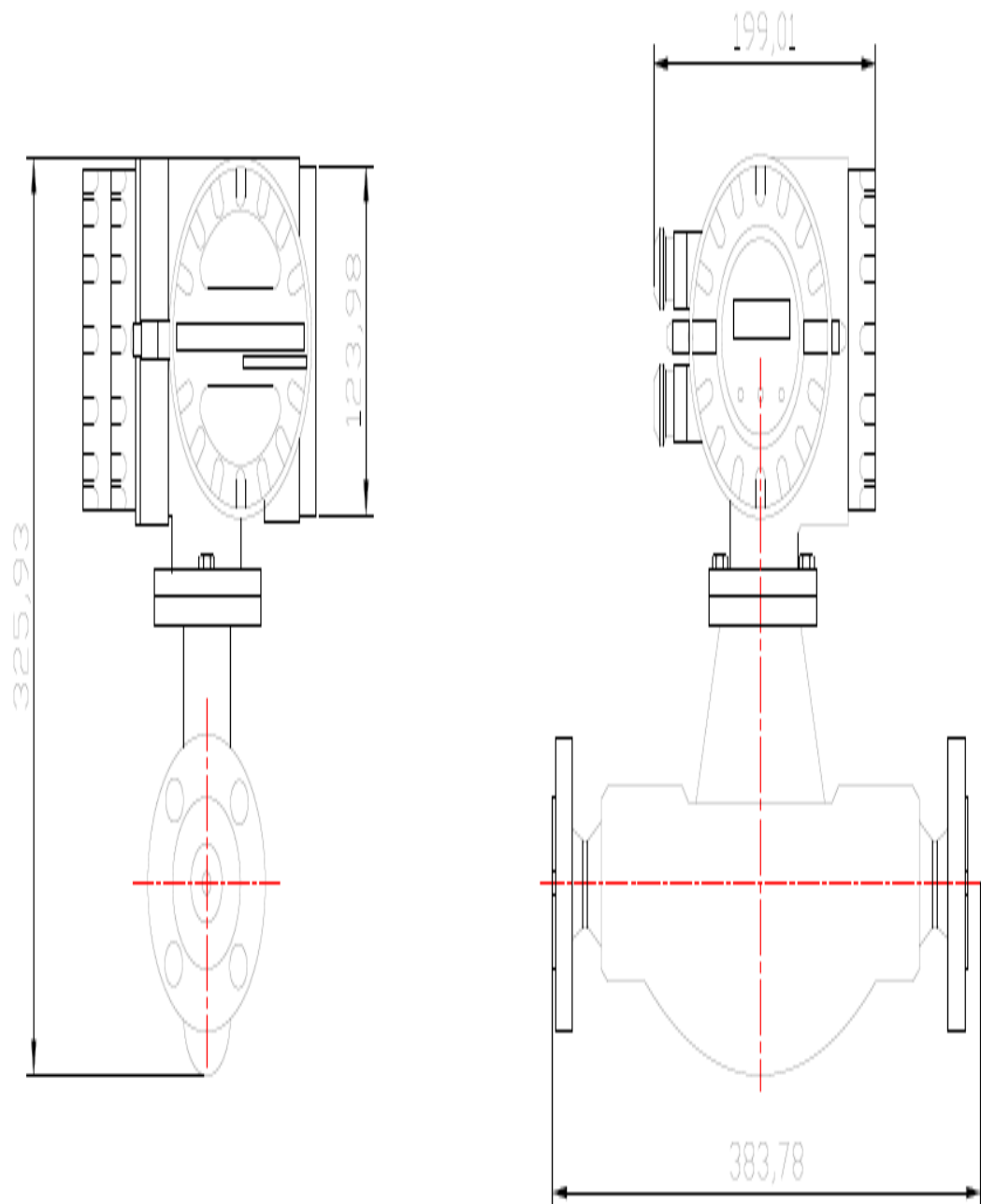
CANTIDAD	NOMBRE	NOMENCLATURA	OBSERVACION
1	SENSOR DE TEMPERATURA	TCW	Temperatura Suministro CW
1	SENSOR DE TEMPERATURA	TRCW	Temperatura RCW
1	SENSOR DE TEMPERATURA	TINRM	Temperatura IN Refinador y Mezclador
1	SENSOR DE TEMPERATURA	TOUTRM	Temperatura OUT Refinador y Mezclador
1	SENSOR DE TEMPERATURA	TTK	Temperatura TK
1	SENSOR DE TEMPERATURA	TIC	Temperatura IC
1	SENSOR DE PRESIÓN	PINM	Presión IN Mezclador
1	SENSOR DE PRESIÓN	POUTM	Presión OUT Mezclador
1	SENSOR DE PRESIÓN	PINR	Presión IN Refinador
1	SENSOR DE PRESIÓN	POUTR	Presión OUT Refinador
1	SENSOR DE PRESIÓN	PCW	Presión CW
1	MEDIDOR DE FLUJO	MF	Medidor de Flujo
1	SENSOR DE NIVEL	SNTK	Sensor de Nivel TK
1	VÁLVULA PROPORCIONAL	VPM	Válvula Proporcional Mezclador
1	VÁLVULA PROPORCIONAL	VPRCW	Válvula Proporcional RCW
1	VÁLVULA PROPORCIONAL	VPR	Válvula Proporcional Refinador
1	BOMBA 1	VSB1	Variador de Velocidad B1
1	BOMBA 2	VSB2	Variador de Velocidad B2
1	ELECTROVÁLVULA	EVTK2	Válvula Suministro TK
1	ELECTROVÁLVULA	EVTK1	Válvula Retorno TK
1	ELECTROVÁLVULA	EVB1	Válvula B1
1	ELECTROVÁLVULA	EVB2	Válvula B2
1	ELECTROVÁLVULA	EVF1	Válvula IN F1
1	ELECTROVÁLVULA	EVF3	Válvula OUT F1
1	ELECTROVÁLVULA	EVF2	Válvula IN F2
1	ELECTROVÁLVULA	EVF4	Válvula OUT F2
1	ELECTROVÁLVULA	EVTK3	Válvula MFTK
1	ELECTROVÁLVULA	EVIC1	Válvula IN IC
1	ELECTROVÁLVULA	EVCW	Válvula CW
1	ELECTROVÁLVULA	EVTK4	Válvula TK
1	ELECTROVÁLVULA	EVIC2	Válvula OUT IC
1	ELECTROVÁLVULA	EVMR	Válvula Mantenimiento
1	ELECTROVÁLVULA	EVR	Válvula Refinador
1	ELECTROVÁLVULA	EVM	Válvula Mezclador

Anexo D: Graficet

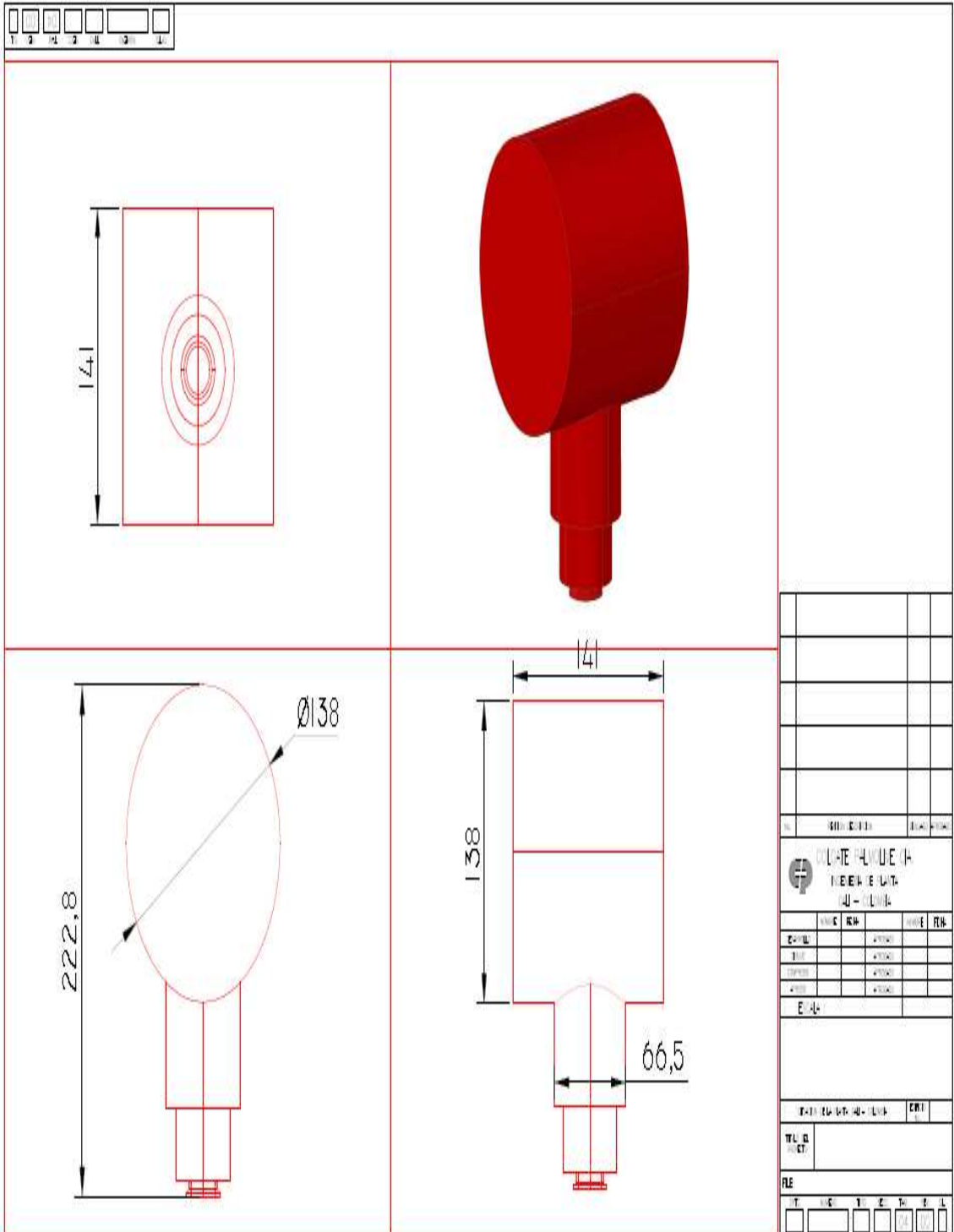


Anexo E: Dimensiones equipos de control

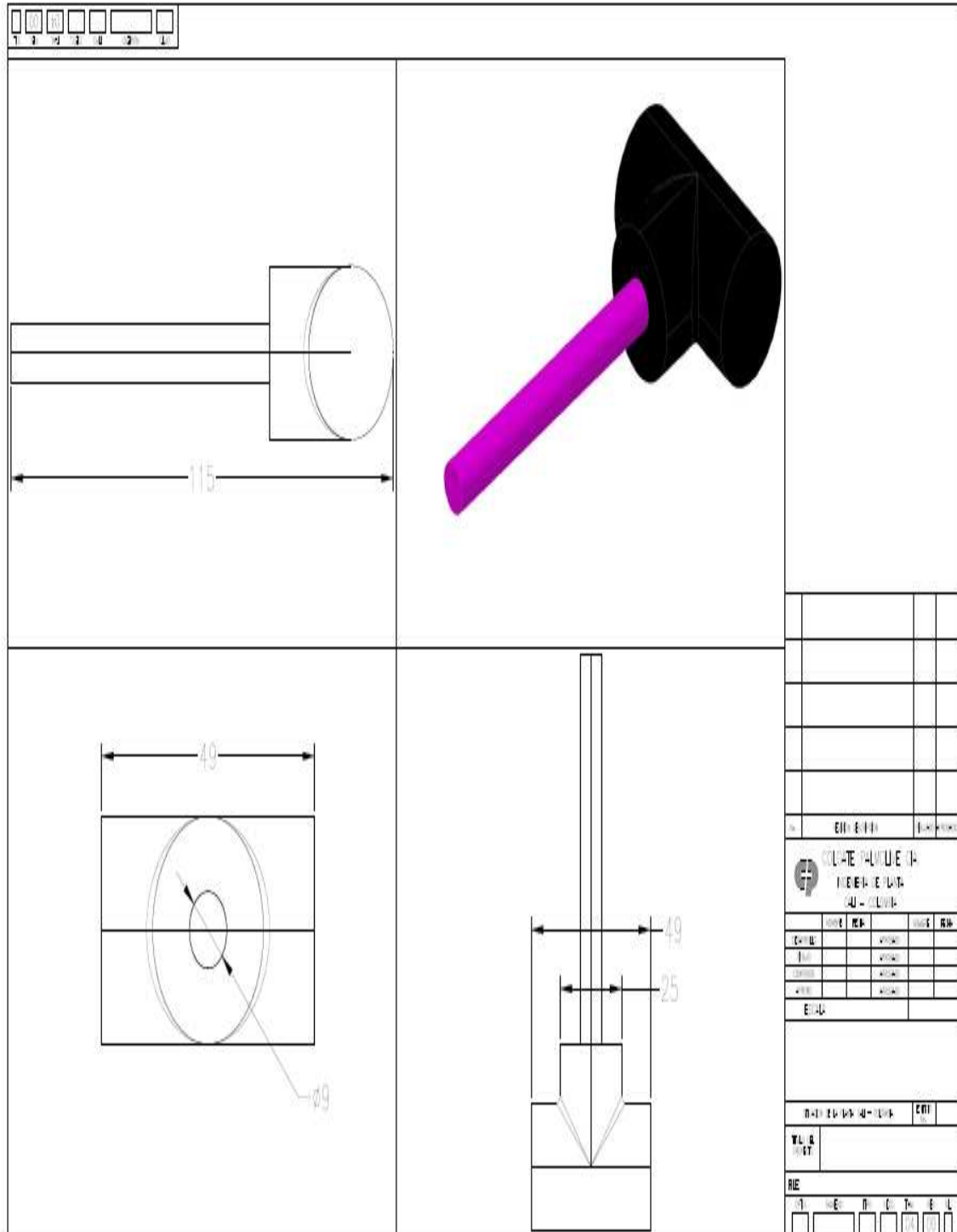
MEDIDOR DE FLUJO



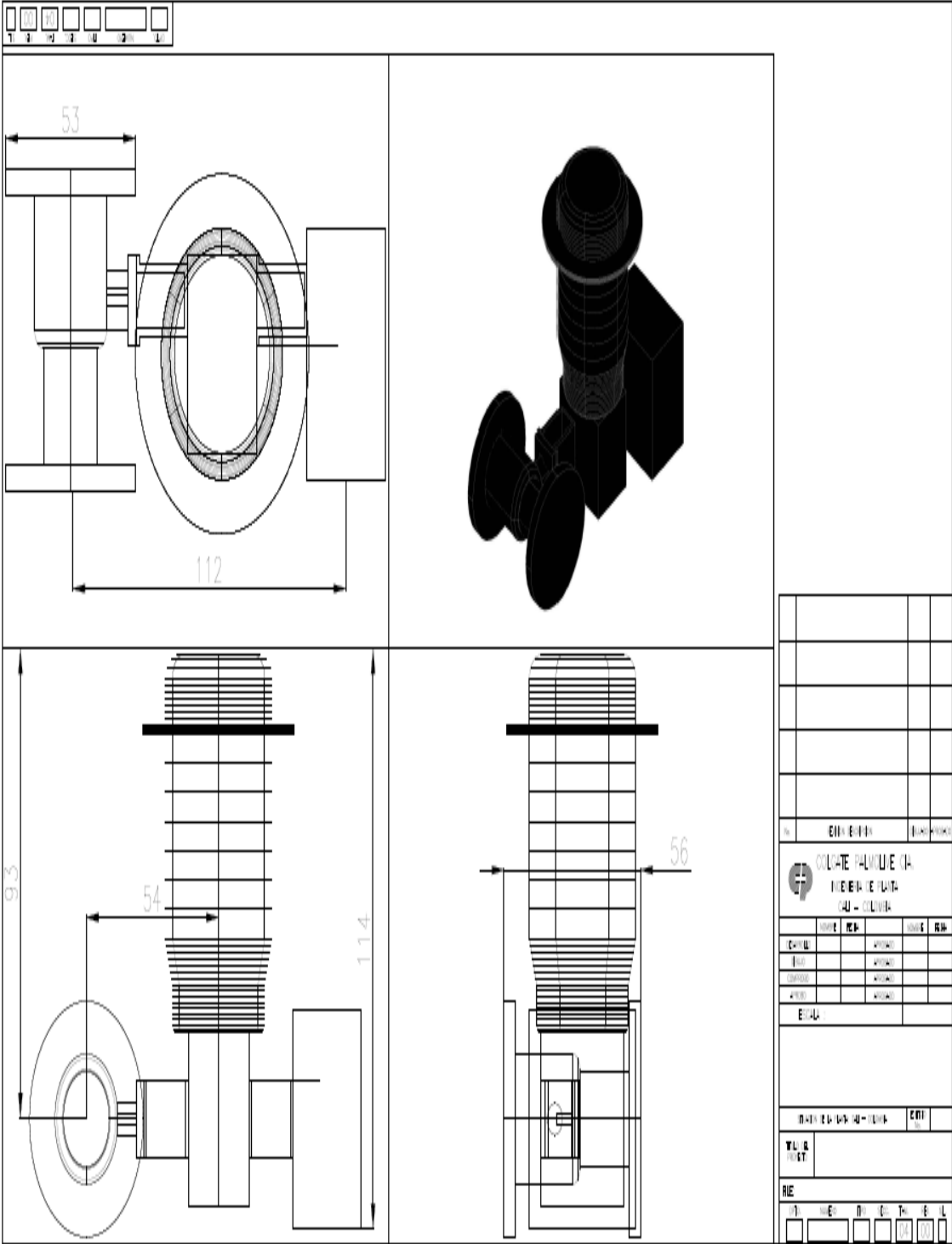
MEDIDOR DE PRESIÓN



TERMOPOZO – TERMOCUPLA



VÁLVULA PROPORCIONAL



Anexo F: Costos equipos

LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y MONITOREO LÍNEA DE PRODUCCIÓN JABÓN VEL ROSITA								
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN	PRECIO (USD)	TOTAL
1	2	VARIADOR DE VELOCIDAD	DANFOSS FC301 15 HP 440 VAC CON DISPLAY GRAFICO	DANFOSS	DIEGO VALLEJO	BOMBAS	6,908.69	13817,38
2	3	VALVULAS DE CONTROL BRAY EN ACERO INOX 2" CON POSICIONADOR IIP	SERIES 6A IIP POSITIONER	BRAY	DIEGO VALLEJO	VÁLVULAS PROPORCIONALES	1,565,58	4696,74
3	1	TARJETA DE 16 ENTRADAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504	TARJETA DE 16 ENTRADAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504 1746-NI16I	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC	1,409,98	1,409,98
4	1	TARJETA DE 16 ENTRADAS DIGITALES PARA PLC SLC 504	TARJETA DE 16 ENTRADAS DIGITALES PARA PLC SLC 504 1746-IA16	ALLEN BRADLEY	MELEXA		317,49	317,49
5	1	TARJETA DE 16 SALIDAS DIGITALES PARA PLC SLC 504 1746-OA16	TARJETA DE 16 SALIDAS DIGITALES PARA PLC SLC 504 1746-OA16	ALLEN BRADLEY	MELEXA		440,74	440,74
6	1	TARJETA DE 16 SALIDAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504 1746-NO8I	TARJETA DE 16 SALIDAS ANALOGAS PARA PLC SLC 504 1746-NO8I	ALLEN BRADLEY	MELEXA			
7	1	VARILLA DE 1/4" * 4 METROS INOX	VARILLA DE 1/4" * 4 METROS INOX	ALLEN BRADLEY	MELEXA	NIVEL		
8	1	RSLINKS GATEWAY	LICENCIA RSLINKS GATEWAY	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC	2,436.00	2,436.00
9	2	INTERFACE ETHERNET	1761-NET-ENI	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC TO PLC REFINADOR	1,469,14	2,938,28
10	1	Tarjeta de conversión DH+	1784 - U2DHP DH+ Allen B	ALLEN BRADLEY	MELEXA	PLC TO PC	1,853.68	1,853.68
11	7	TERMOCUPLA Y TERMOPOZO	Termocupla tipo J watlow bulbo de 3/4" * 2" de largo en inox 3/16" Contacto directo con el fluido para rosca 1/2" con termopozo tubo de 1/2" en inox 3/16" rosca 1/2" y conexión al proceso de 3/4" npt con Transmisor aislado INHOR referencia IPAQH70IPH00001-001 cabezote para transmisor	WATLOW	ELECTRONICA DE POTENCIA	TEMPERATURA	2,847,80	19934,6

12	1	WONDERWARE 01-2332 InTouch Runtime 1K Tag with I/O, v10.1	WONDERWARE 01-2332 InTouch Runtime 1K Tag with I/O, v10.1	WONDERWARE	COLSEIN	SOFTWARE	4,160.70	4,160.70
13	1	WONDERWARE 10-7001 Wonderware Customer First - Standard Level	WONDERWARE	WONDERWARE	COLSEIN		654.24	654.24
14	1	ELECTROMAGNETIC FLOWMETER 120 GALONES POR MINUTO	PROMAG 50W/50, DN50 2" PROFIBUS DP	ENDRESS+HAUSSER	COLSEIN	MEDIDOR DE FLUJO	8,444.80	8,444.80
15	1	CONTROL DE NIVEL	lovato lvm30	LOVATO		NIVEL		
16	1	CONCENTRADOR DE RED DE 8 PUERTOS	3 COMM	3 COM	ESPECTRA	PLC TO PLC REFINADOR		
17	5	INTERRUPTOR DE PRESION DE ESTADO SOLIDO CON SALIDA ANALOGICA DE 4-20ma 1/4" NPT DE 0 A 150 PSI		YOKOGAWA	YOKOGAWA	PRESIÓN	690.2	3451
18	5	CABLE CON CONECTOR		YOKOGAWA	YOKOGAWA			
TOTAL								51821.15

Anexo G: Imágenes de la instalación del sistema de refrigeración







